



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

TITULO:

“Efecto de la disponibilidad de agua y luz en la morfología y producción de biomasa en dos especies de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium multiflorum*) utilizadas en el cantón Guachapala”

*Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Agrónoma*

AUTORAS:

Gloria Susana Carrasco Arcentales

C.I 0302305032

Tania Isabel Muñoz Jara

C.I 0106768344

DIRECTOR:

Ing. Pedro Rene Zea Dávila **MsC**

C.I 0102198207

Cuenca - Ecuador

08/05/2019



RESUMEN

Debido a la demanda de productos del sector pecuario el sector ganadero en el Ecuador ha aumentado en los últimos años así también el área de producción de pasto. Sin embargo; la mayoría de los pastos se encuentran en sistemas convencionales tradicionales de mono cultivos con sobrecarga animal, manejo inadecuado. Como solución a estas dificultades se ha encontrado que los sistemas silvopastoriles benefician a la ganadería.

En esta investigación se simuló un sistema de sombra al 80, 50, 30 y 0%, además la respuesta de los pastos ante el cambio climático de reducción eventual de precipitación a 50, 25 y 0% de exclusión de lluvia y la interacción de sombra y exclusión de lluvia en kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*), se evaluaron variables morfológicas en altura, número de hojas, número de brotes/macollos, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho de las hojas, relación hoja/tallo, biomasa, materia fresca y seca durante 3 cortes.

En el kikuyo la sombra influyó en la altura, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho de la hoja, materia fresca y seca, se encontró resultados favorables en sombra al 50 y 80% y la interacción de sombra- exclusión de lluvia tuvo efectos en la altura, número de brotes, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho de la hoja, relación hoja/tallo; para la exclusión de lluvia se encontró efectos significativos en la relación hoja/tallo.

Mientras que para el rye grass en el factor de la exclusión de lluvia se encontró resultados significativos en la altura, relación largo/ancho de la hoja con resultados favorables al 25% exclusión, número de hojas, materia fresca, materia seca al 0% exclusión de lluvia. En la sombra se obtuvo efectos significativos en la altura, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho de la hoja y materia fresca, siendo efectivos 30, 50, y 80 % de sombra. En la interacción de sombra- exclusión de lluvia, se obtuvo resultados significativos en número de macollos, área foliar, relación largo/ancho de la hoja, relación hoja/tallo, materia fresca y seca.

PALABRAS CLAVES: Ganadería. Sistemas Silvopastoriles. Sombra. Lluvia. Interacción. Morfología. Biomasa.



ABSTRACT

Due to the demand for products from the livestock sector, the livestock sector in Ecuador has increased in recent years as well as the pasture production area. Nevertheless; the majority of the pastures are found in conventional systems of traditional mono crops with overload animal, inadequate handling. As a solution to these difficulties it has been found that silvopastoral systems benefit livestock.

In this investigation, a shade system at 80, 50, 30 and 0% was simulated, as well as the response of pastures to climate change of eventual reduction of precipitation at 50, 25 and 0% of rain exclusion and interaction shadow and exclusion of rain in Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) and rye grass (*Lolium multiflorum*), morphological variables were evaluated in height, number of leaves, number of shoots/tillers, leaf area, specific leaf area, long/wide relation of leaves, leaf/stem relation, biomass, fresh and dry matter during 3 cuts.

In the Kikuyu the influenced shade in the height, leaf area, specific leaf area, long/wide leaf relation, fresh and dry matter, found favorable results in shade at 50 and 80% and the interaction of shadow-exclusion of rainfall had effects on the height, number of shoots, leaf area, specific leaf area, length/wide relation of leaf, leaf/stem relation; Significant effects on the leaf/stem relation were found for the exclusion of rainfall.

While for the rye grass in the rainfall exclusion factor, significant results were found in the height, length/wide relation of the leaf with favorable results to 25% exclusion, number of leaves, fresh matter, and dry matter at 0% exclusion of rainfall. In the shade, significant effects were obtained in the height, leaf area, specific leaf area, long/wide relation of the leaf and fresh matter, being effective 30, 50 and 80% of shade. In the interaction shadow-exclusion of rainfall, significant results were obtained in number of tillers, leaf area, long/wide relation of the leaf relation, leaf/stem relations, fresh and dry matter.

KEYWORDS: Livestock. Silvopastoral Systems, Shadow, Rain, Interaction, Morphology, Biomass.



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
TABLA DE CONTENIDOS.....	3
LISTA DE FIGURAS	7
AGRADECIMIENTOS	12
DEDICATORIA	13
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS.....	18
3.1. Objetivo general del proyecto	18
3.2. Objetivos específicos.....	18
3.3 Preguntas de investigación	18
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
4.1 Generalidades de la ganadería en el Ecuador	19
4.2 Sistema silvopastoril	20
4.3 Morfología del kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) y rye grass anual tetraploide magnum (<i>Lolium multiflorum</i>)	21
4.3 Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	21
4.3.1 Descripción Botánica kikuyo	22
4.4.1 Rye grass anual tetraploide “Magnum” (<i>Lolium multiflorum</i>).....	23
4.4.2 Descripción botánica del rye grass	24
4.5 Efecto de la luz y agua en las pasturas	25
4.6 Análisis morfológico de las pasturas.....	26
4.7 Potenciales efectos del cambio climático en los Sistemas Silvopastoriles.....	27
4.8 Emisiones de metano entérico en sistemas silvopastoriles.....	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1 Sitio de estudio.....	29
5.2 Siembra de pasturas.....	30
5.3 Sistema de exclusión de agua y sombra	31
5.5 Diseño del experimento.....	31
5.4 Evaluación morfológica	33
5.6 Análisis estadístico.....	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
6.1. Análisis general de datos y estadística descriptiva.....	35
6.1.1 Efecto de la exclusión de lluvia en el kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>).	36
6.1.2. Efecto de la sombra en el kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>).....	42



6.1.3. Efecto de la interacción de la sombra-exclusión de lluvia en el kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	52
6.2.1 Efecto de la Exclusión de lluvia en el rye grass (<i>Lolium multiflorum</i>)	69
6.2.2 Efecto de la sombra en el rye grass (<i>Lolium multiflorum</i>)	77
6.2.3 Efecto de la interacción de la sombra-exclusión de lluvia en el rye grass (<i>Lolium multiflorum</i>).	84
7. CONCLUSIONES.....	94
8. RECOMENDACIONES.....	98
9. BIBLIOGRAFIA.....	99
10. ANEXOS	106
10.1 Pruebas paramétricas y no paramétricas de las variables.....	106
10.2 Fotografías de la Investigación.	111



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación científica del <i>Pennisetum clandestinum</i> .	22
Tabla 2. Clasificación científica <i>Lolium multiflorum</i> .	24
Tabla 3. Descripción de los tratamientos.	33
Tabla 4. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.	37
Tabla 5. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 2.	37
Tabla 6. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.	38
Tabla 7. Análisis de las variables en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.	38
Tabla 8. Análisis de la variable en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.	38
Tabla 9. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 1.	43
Tabla 10. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 2.	43
Tabla 11. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 3.	44
Tabla 12. Análisis de las variables en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 1.	44
Tabla 13. Análisis de las variables en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 2.	44
Tabla 14. Análisis de las variables en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 3.	45
Tabla 15. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.	53
Tabla 16. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.	53
Tabla 17. Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.	55
Tabla 18. Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.	56
Tabla 19. Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.	56
Tabla 20. Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.	57
Tabla 21. Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.	69
Tabla 22. Análisis de las variables paramétricas en rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 2.	70
Tabla 23. Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.	70
Tabla 24. Análisis de las variables en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.	71
Tabla 25. Análisis de las variables en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 2.	71
Tabla 26. Análisis de las variables en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.	72
Tabla 27. Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 1.	77
Tabla 28. Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 2.	78



Tabla 29. Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 3.....	78
Tabla 30. Análisis de las variables en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 1.....	79
Tabla 31. Análisis de las variables en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 2.....	79
Tabla 32. Análisis de las variables en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 3.....	79
Tabla 33. Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.	85
Tabla 34. Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.	85
Tabla 35. Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.	86
Tabla 36. Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.	87
Tabla 37. Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.	87
Tabla 38. Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.	88
Tabla 39. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en exclusión de lluvia para kikuyo	106
Tabla 40. Prueba de homogeneidad Bartlett en exclusión de lluvia para kikuyo.....	106
Tabla 41. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en sombra para kikuyo.....	107
Tabla 42. Prueba de homogeneidad Bartlett en sombra para kikuyo.	107
Tabla 43. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en interacción sombra-exclusión de lluvia para kikuyo.....	108
Tabla 44. Prueba de homogeneidad Bartlett en interacción sombra-exclusión de lluvia para kikuyo.....	108
Tabla 45. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en exclusión de lluvia para rye grass.	108
Tabla 46. Prueba de homogeneidad Bartlett en exclusión de lluvia para rye grass.	109
Tabla 47. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en sombra para rye grass.	109
Tabla 48. Prueba de homogeneidad Bartlett en sombra para rye grass.....	109
Tabla 49. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en interacción sombra-exclusión de lluvia para rye grass.	110
Tabla 50. Prueba de homogeneidad Bartlett en interacción sombra-exclusión de lluvia para rye grass.....	110



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del experimento.....	30
Figura 2. Estructura de exclusión de lluvia y sombra.	31
Figura 3. Distribución de los tratamientos en el sitio de investigación.....	32
Figura 4. Respuesta general de las variables en kikuyo y rye grass.....	36
Figura 5. Relación hoja/tallo del kikuyo con diferentes niveles de exclusión de lluvia en el corte 1.....	41
Figura 6. Materia fresca del kikuyo con diferentes niveles de exclusión de lluvia en el corte 1.....	42
Figura 7. Altura del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 1 y 2.....	46
Figura 8. Área foliar del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 1 y 2.....	47
Figura 9. Área foliar específica del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 2 y 3.	48
Figura 10. Relación largo/ancho de la hoja del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 1, 2 y 3.	49
Figura 11. Materia fresca del kikuyo con diferentes niveles de sombra en los cortes 1 y 2.	51
Figura 12. Materia seca del kikuyo con diferentes niveles de sombra en el corte 1.	52
Figura 13. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en la altura del kikuyo en el corte 1 y 3.....	59
Figura 14. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en número de brotes del kikuyo en el corte 1.....	61
Figura 15. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en el área foliar del kikuyo en los cortes 1, 2 y 3.....	63
Figura 16. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en el área foliar específica del kikuyo en los cortes 1 y 3.....	65
Figura 17. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en la relación largo/ancho de la hoja del kikuyo en los cortes 1, 2 y 3.	67
Figura 18. Relación hoja/tallo del kikuyo con diferentes niveles de interacción sombra-exclusión de lluvia en los cortes 1 y 2.....	68
Figura 19. Altura del rye grass bajo diferentes niveles de lluvia en el corte 1.....	73
Figura 20. Materia fresca del rye grass bajo diferentes niveles de lluvia en el corte 1, 2,3.....	76
Figura 21. Materia seca del rye grass bajo diferentes niveles de lluvia en el corte 1 y 2.....	77
Figura 22. Altura del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 1.....	80
Figura 23. Área foliar del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 1.....	81
Figura 24. Área foliar específica del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 1.....	82
Figura 25. Materia fresca del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 2.	84
Figura 26. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la área foliar específica del rye grass en el corte 1.....	91
Figura 27. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la relación hoja/tallo del rye grass en el corte 1.....	92
Figura 28. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la materia fresca del rye grass en el corte 3.....	93
Figura 29. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la materia seca del rye grass en el corte 3.....	94



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo Gloria Susana Carrasco Arcentales en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Efecto de la disponibilidad de agua y luz en la morfología y producción de biomasa en dos especies de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium multiflorum*) utilizadas en el cantón Guachapala”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de mayo del 2019

Gloria Susana Carrasco Arcentales

C.I.: 0302305032



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo Gloria Susana Carrasco Arcentales autora del trabajo de titulación “Efecto de la disponibilidad de agua y luz en la morfología y producción de biomasa en dos especies de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium multiflorum*) utilizadas en el cantón Guachapala”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de mayo del 2019

Gloria Susana Carrasco Arcentales

C.I: 0302305032



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo Tania Isabel Muñoz Jara en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Efecto de la disponibilidad de agua y luz en la morfología y producción de biomasa en dos especies de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium multiflorum*) utilizadas en el cantón Guachapala", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de mayo del 2019

Tania Isabel Muñoz Jara

C.I: 0106768344



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo Tania Isabel Muñoz Jara autora del trabajo de titulación “Efecto de la disponibilidad de agua y luz en la morfología y producción de biomasa en dos especies de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ryegrass (*Lolium multiflorum*) utilizadas en el cantón Guachapala”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 08 de mayo del 2019

Tania Isabel Muñoz Jara

C.I: 0106768344



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la vida, salud, entendimiento y energía necesaria para realizar este trabajo de investigación.

A nuestras familias, por su aporte y ánimos durante toda nuestra vida estudiantil y ser brindarnos su apoyo incondicional en la elaboración de esta investigación.

A nuestro director de tesis Ing. Pedro Rene Zea Dávila por su ayuda y colaboración brindada al dirigir nuestra investigación.

Al Dr. Eduardo José Chica, Dr. Juan Pablo Iñamagua y Dr. Pablo Borja, por darnos la oportunidad de formar parte del proyecto de investigación DIUC y asesorarnos con su conocimiento.

A nuestros profesores, por formar parte de nuestro progreso de aprendizaje al impartir sus conocimientos hacia nosotras.

A nuestros compañeros, por formar parte en este tiempo de vida universitaria y ayuda mutua.

Susana y Tania



DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por tener la bendición de llegar a este momento tan anhelado con su ayuda.

A mis padres, José y María, gracias a su esfuerzo, sacrificio y ejemplo me han ayudado a superar y estar conmigo en cada decisión que tomé y llegar a ser la persona que soy.

A mis hermanos, Ángel, Rocío, Isaías, Raquel y Silvia por su apoyo incondicional y moral en todas las etapas de mi vida estudiantil y diaria.

A mis sobrinos, Josué, Belén, Angélica, Alexis, Andrey y Alexander.

A Mirian y Rafael por siempre darme ánimos, consejos y apoyo para seguir adelante.

A toda mis amigos y compañeros, por estar ahí en las buenas y malas y tener buenos recuerdos.

Susana

Dedico de manera muy especial esta tesis a Dios y a mis padres, Alcides y Olga que fueron un pilar fundamental en el transcurso de mi vida universitaria y por ser los principales promotores de cumplir una meta más en mi vida, y por qué siempre me mostraron el camino hacia la superación.

A mis hermanos, Adrián y Estefanía que siempre estuvieron apoyándome en las buenas y malas. Y a mi sobrina Emily por todas las alegrías que me da día tras día.

Y a mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Gracias a la vida y a todos por este nuevo triunfo.

Tania



1. INTRODUCCIÓN

Según FAO (2014) en los últimos años el sector ganadero ha crecido de una manera significativa debido a la demanda del consumo de los derivados del sector pecuario, por lo que es responsable de la mayor parte del uso del suelo a nivel mundial representando alrededor del 80% de todas las tierras agrícolas. Se ha determinado que a nivel mundial un 40% del valor de la producción agrícola pertenece a la ganadería al ganado bovino contribuyendo a la reducción de la pobreza, más oportunidades del sector agrícola, mejorando la seguridad alimentaria, aunque no garantiza la sostenibilidad ambiental y humana.

Velásquez (2009) menciona que, el 25% de la superficie de la tierra está cubierto por pastos, la FAO (2014) afirma que, a nivel mundial los suelos dedicados a la producción de alimento en el sector ganadero representan un tercio de las tierras que se cultivan, en resumen, el 26% de la superficie terrestre libre de hielo pertenecen a pastos.

En el Ecuador, en la última década la ganadería ha jugado un rol económicamente importante, especialmente en la región andina, en donde se practica esta actividad productiva, enfocada principalmente en la producción de leche (MAGAP, 2016). Datos del INEC (2012) indican que la demanda de los mercados ha hecho que nuestros agricultores reduzcan la producción de hortalizas, tubérculos, gramíneas y cereales, evidenciándose un decrecimiento en el área destinada a cultivos transitorios y barbecho en los años 2010 y 2011 (en un promedio del 2.07 %), mientras que en este mismo período, se ha registrado un incremento en la producción de pastos en casi un 3.22%.

Un estudio realizado en las ganaderías de Azuay por Requelme y Bonifaz (2012) se menciona que la carga animal promedio por hectárea es de 0,21 UBA/ha pero existen lugares como Paute en donde la carga animal puede ser de hasta 1,35 UBA/ha, siendo la especie de pasto predominante el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). mencionan que se pueden encontrar potreros de rye grass (*Lolium multiflorum*), establecidos como monocultivos.



Requelme y Bonifaz (2012) Ibrahim *et al.* (2001) mencionan que las fincas con pasturas de baja calidad en monocultivo, presentan una disminución de la rentabilidad, debido a la alta demanda de fertilizante nitrogenado para mantener la producción (León *et al.*, 2011).

2. JUSTIFICACIÓN

La ganadería en el Ecuador en el año 2017 presentó una producción de hato ganadero de un 62% BCE (2017) mientras que en el año 2018 presento un 58% de producción de hato ganadero (BCE, 2018). Sin embargo, uno de los problemas relacionados con la baja producción ganadera se debe al desconocimiento de la siembra y manejo adecuado de los pastos. Se ha observado que en su mayoría el pasto es monocultivo natural y escaso debido a la interacción de factores climáticos como la precipitación irregular y la presencia o ausencia de la luz que afectan la morfología y biomasa del pasto, trayendo como consecuencia la carga ganadera baja (Ibrahim *et al.*, 2001).

Además de la problemática en la producción de pastos también se ha detectado dificultades en la sostenibilidad ambiental debido a que la mayoría de los productores prefieren la ganadería extensiva tradicional, razón por la cual, el Ministerio del Ambiente ha emprendido algunos proyectos para disminuir la deforestación, mitigar las emisiones de carbono a la atmósfera y los efectos del cambio climático en la provincia del Azuay con el programa de restauración ambiental con plantas nativas junto con las comunidades se ha propuesto restaurar 5444,74 hectáreas (MAE, 2017). Una manera de revertir el problema detectado en la provincia del Azuay son los programas silvopastoriles que se presentan como una opción para hacer uso eficiente de las fincas y los pastos debido a que proveen una mejor nutrición para el ganado y a la vez el aprovechamiento de los árboles (Houkal y Schloegel, 2016). Además se pueden aplicar diversas técnicas silvopastoriles ya sea dispersos en la finca, en cercas vivas, cortinas rompe vientos y los bancos forrajeros de múltiples especies adaptando a las fincas, seleccionando especies arbóreas benéficas para la biodiversidad y los propietarios (Schloegel *et al.*, 2015).



Haciendo una combinación adecuada entre pastos y árboles en los cuales la presencia de los arboles no tengan un efecto negativo en el requerimiento de agua y luz de los pastos; mejorando la producción estable hacia un pasto de calidad con buena producción de biomasa con inclusión árboles (Sistema Silvopastoril) en las pasturas pues se ha encontrado beneficios como el aporte de sombra, se ha determinado que un 15 al 20% de sombra que producen los árboles no tiene efecto en la cantidad del pasto dependiendo de las especies (Lam y Helmut, 2016).

Entre estos beneficios es la conservación de la humedad, pues aprovechan mejor la lluvia ya que las raíces ayudan a conservar el agua en el suelo por más tiempo, encontrando que un sistema silvopastoril especialmente con leguminosas combinado con rotación de potreros reduce el efecto que trae la sequía durante 6 semanas, aumenta el valor nutritivo de las pasturas cuando el sistema silvopastoril contiene leguminosas, fertilidad del suelo por el estiércol del ganado y mayor rendimiento (Lam y Helmut, 2016).

Existen varias investigaciones científicas en la que respaldan que el aporte de sombra por parte de los árboles trae beneficios en la calidad de los pastos. Obispo *et al.* (2013) en su investigación de la proporción de sombra con el rendimiento y calidad de los pastos encontró que tuvo una reducción de un 30% de la producción de biomasa, pero su calidad incrementó significativamente incrementándose significativamente el peso diario de los novillos alimentados. Peri *et al.* (2007) en su investigación realizada en *Dactylis glomerata* bajo un bosque de *Pinus radiata* obtuvo un resultado de mayor concentración de micronutrientes en las hojas a medida que la sombra se incrementaba.

Muñoz *et al.* (2010) los pastos mejoran la calidad nutricional bajo el sistema silvopastoril de *Pennisetum clandestinum* con *Alnus acuminata*. Los árboles favorecen a la captura de carbono emitido por el ganado como efecto de la fermentación ruminal (Alonso, 2011).

Los sistemas silvopastoriles crean beneficios mutuos regulando la captación de carbono, enriqueciendo al suelo, brindando un ambiente de comodidad a los animales debido a la sombra



y evitando el estrés calórico del ganado produciendo un aumento en la producción ganadera en leche y carne (Schloegel *et al.*, 2015).

Ibrahim *et al.* (2001) mencionan que diversos estudios han demostrado que los Sistemas Silvopastoriles se van promoviendo a lo largo del mundo, y han indicado muchos beneficios económicos directos e indirectos al integrar árboles maderables por ser sistemas sustentables, que podrían reducir la erosión y aumentar la fertilidad del suelo y producir productos secundarios valiosos, y forrajeros como complemento de dietas en los Sistemas Tradicionales (ST) sin árboles.

En la actualidad en el sector ganadero no utiliza este tipo de sistemas debido a que los ganaderos asocian los árboles con efectos negativos, y la baja producción de sus pastos en este sistema (Clavero y Suárez, 2006). Y es por eso que en la presente investigación se simuló un sistema de sombra que podría proveer un sistema silvopastoril con la finalidad de conocer sus posibles efectos sobre los pastos en kikuyo y rye grass y su influencia en la producción de biomasa y en sus etapas de desarrollo y la reacción del pasto ante la reducción eventual de la precipitación.



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general del proyecto

- Evaluar la influencia del nivel de disponibilidad de agua y sombra en el desarrollo y producción de biomasa en dos especies de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*).

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la reducción de disponibilidad de agua en la morfología y producción de biomasa en kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*).
- Evaluar el efecto de la sombra en la morfología y producción de biomasa en kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*).
- Determinar el efecto de la interacción de la sombra en la producción de biomasa de pasturas bajo condiciones de reducción de agua.

3.3 Preguntas de investigación

- ¿Cuál es el efecto de la reducción de disponibilidad de agua en la morfología y producción de biomasa del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*)?
- ¿Cuál es el efecto del incremento del nivel de sombra en la morfología y producción de biomasa kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*)?
- ¿Cuál es el efecto de la interacción nivel de sombra-disponibilidad de agua en la morfología y producción de biomasa en kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*)?



4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las pasturas que se usan en una explotación ganadera debe estar bien adaptado a las condiciones del medio ambiente y ser productivo, poseer buenas características agronómicas: alta relación de hojas a tallos, rápida recuperación después del corte o pastoreo, facilidad de propagación, alto poder competitivo con las malezas, resistente a plagas y enfermedades, persistente, gustoso y nutritivo (Gordillo y Vega, 2012).

4.1 Generalidades de la ganadería en el Ecuador

Datos del Censo Agrícola del año 2017 reportan que de los 5.46 millones de hectáreas están dedicadas al sector agropecuario el 57.25% el corresponden a pastos de los cuales el 12.42% son pastos naturales y el 44.83% a pastos cultivados. Los pastos son utilizados principalmente para el ganado vacuno con 4.19 millones de cabezas de ganado; las principales provincias productoras de ganado son: Manabí, Azuay y Esmeraldas que representan el 36.50% del total nacional. La sierra ecuatoriana representa el 48.87% de existencia de ganado vacuno. La provincia del Azuay tiene un 7.73% en ganado vacuno, lo que significa 324 mil cabezas de ganado, sin embargo, la cantidad de pasto no determina la calidad de las pasturas y consecuentemente la calidad del valor nutritivo del ganado que influye en la producción ganadera (INEC, 2017).

La alimentación del ganado en su mayoría proviene de los pastos, la calidad de los pastizales tiene mucho que ver con el aumento o disminución de la producción ganadera, pues si los pastos no tienen un adecuado valor nutricional los productores acuden a los suplementos alimenticios como alternativa, sin embargo, es importante analizar los recursos económicos de los productores. El desafío que tienen los productores es el aprovechar al máximo el pasto de sus fincas debido al desconocimiento del comportamiento de los pastos ya sea en época seca o lluviosa, las condiciones ambientales como la cantidad de luz que requieren ciertas especies de pastos, la temperatura, la humedad ambiental, la óptima época de aprovechamiento de los pastos y la manera cómo consume el ganado (Mena, 2011).



Por ejemplo, al consumir un pasto maduro el ganado consume menor valor nutricional que cuando el pasto tiene alrededor del 5 al 10% de floración (Chacón, 2005).

En el Ecuador el sistema de pastoreo más acogido por los productores es el extensivo donde los animales permanecen la mayoría del tiempo en los potreros esto conlleva un desperdicio y pisoteo del ganado afectando a la economía de los productores ya tienen que invertir en insumos agrícolas como fertilizantes (Terán, 2015).

En el austro ecuatoriano la explotación agropecuaria se ha convertido en una alternativa de fuente de obtención de ingresos a las familias (Cardenas y Garzon, 2011).

4.2 Sistema silvopastoril

Es la técnica que usa árboles, ganado y forraje en un sistema integrado. La siembra de árboles de alto valor comercial combinado con forrajes aportan a los productores ingresos extras en la finca, obtienen madera, frutos, forraje, mucho de ellos fijan nitrógeno, actúan como restauradores de la fertilidad del suelo, proveen follaje de alta calidad nutritiva, sembrados en alta densidad pueden maximizar su producción de follaje actuando como un banco energético proteico, proporcionan hábitat para la vida silvestre, mejoran el paisaje y protegen a los animales al proveer sombra y reducir el estrés causado por la radiación solar, las altas temperaturas y ráfagas de viento caliente (Mármol, 2006).

Casanova-Lugo *et al.* (2011) mencionan que los Sistemas Agroforestales son una alternativa sostenible que ayuda a incrementar la productividad y contribuyen a mitigar el calentamiento global con una importante contribución, por lo que se logra obtener beneficios positivos, con la restauración ecológica de pasturas degradadas. Generación de productos e ingresos adicionales. Reduce la dependencia de insumos externos. Permite intensificar el uso del recurso suelo, sin reducir el potencial productivo. Reducen las temperaturas extremas los que permiten un mejor comportamiento de los animales y cultivos.

Navas (2010) en los sistemas silvopastoriles; el efecto que produce la sombra puede favorecer una producción mayor de leche en las vacas debido a que éstas son más susceptibles al calor por



la gran cantidad de calor que producen durante el metabolismo, pues consumen un elevado porcentaje de materia seca para mantener una buena producción de leche incrementando la producción de leche y/o carne dentro del rango de 10 a 22% en comparación a potreros sin árboles. Esto se atribuye a que la sombra reduce el estrés calórico del ganado, lo que permite gastar menos energía y consumir más alimento (Villanueva *et al.*, 2018).

La utilización de árboles en sistemas de pastoreo mejora la productividad de las gramíneas y suele favorecer el valor nutritivo del estrato herbáceo, así como la estructura y fertilidad general del suelo (Alonso *et al.*, 2006). En épocas de altas precipitaciones evitan anegamientos del agua y en épocas de sequía a crear microclimas ayudando así a reducir la evapotranspiración (Villanueva *et al.*, 2009).

Los Sistemas Agroforestales ayudan a recuperar pasturas degradadas, reducir la dependencia de insumos externos, intensificar el uso del recurso suelo (Lopez *et al.*, 2013).

4.3 Morfología del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass anual tetraploide magnum (*Lolium multiflorum*)

4.3 Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

El kikuyo es originaria de la región de África Oriental, especie perenne tropical de crecimiento rápido y agresivo. En Estados Unidos está catalogado como maleza, en Australia y Sudáfrica este pasto popular es empleado como césped; es tolerante a las sequías es muy usado como pastura por ser rico en proteína. Es resistente al pisoteo y al pastoreo por tener raíces fuertes (Dúran, 2013). Este pasto es el que mejor se adapta al clima frío, sin embargo, es susceptible a las heladas (Dúran, 2009).

Según Dúran (2013) la clasificación taxonómica del pasto kikuyo es la siguiente:

Tabla 1. *Clasificación científica del Pennisetum clandestinum.*

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Traqueobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclases	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Cyperacene</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Tribu	<i>Paniceae</i>
Genero	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>clandestinum</i>

4.3.1 Descripción Botánica kikuyo

El kikuyo tiene diminutas espigas con flores en la base de la hoja, ocultas; razón por la cual su nombre de *Clandestinum*, con rizomas gruesos hasta de un metro de longitud. El tamaño de las hojas está entre de 8 a 15 mm de ancho y 10 a 20 cm de largo con tallos erectos o semierectos entre 50 a 60 cm de altura. Las flores son inconspicuas, con estambres blanquecinos brillantes visible fácilmente en las mañanas pues con el calor del sol desaparecen; en los nudos de los estolones y rizomas se forman raíces y brotes (Dúran, 2013).

Es una especie perenne, se extiende superficialmente, con raíces profundadas, posee rizomas y estolones y en sus nudos se desarrollan raíces; puede alcanzar alturas hasta de 80 cm, las partes florales son muy inconspicuas, florece en las primeras horas de la mañana y en las horas de la tarde desaparece (Dúran, 2009).



Los estolones son ramificados y aplanados. La vaina de la hoja es de color amarillo pálido verdoso. Inflorescencia de 2-4 espiguillas, encerrada en la vaina de la hoja. Espiguillas de 10-20 mm de largo, de dos flores, filamentos delgados de 50 mm de largo, con anteras 5-7 mm de largo. Cariópsides ovoides, de color marrón oscuro, de unos 2,5 mm de largo y 1,5 mm (Andrade *et al.*, 2004). Posee un sistema radicular profundo (Corpoica, 2013).

El pasto kikuyo crece en altitudes de 2500 – 3200 m s.n.m (Dúran, 2009). Se estresa cuando la temperatura está sobre los 30 °C. Necesita por lo menos 900 mm de precipitación, prefiere los suelos bien drenados, tolera los pH bajos (4.5) y suelos salinos (Guaña, 2014).

El kikuyo se puede sembrar de 2 maneras: de reproducción vegetativa mediante estolones y por semillas, por estolones sembrar en surcos a distancia de 50 y 100 cm con profundidades de 5 a 10 cm cortando los estolones en trozos de 15 a 20 cm Dúran (2013), o mediante semilla a una densidad de 3 kg/ha a una 1 cm de profundidad (Guaña, 2014). El rendimiento del kikuyo es de 30 t/ha/año (Corpoica, 2013).

4.4.1 Rye grass anual tetraploide “Magnum” (*Lolium multiflorum*)

El rye grass (*Lolium multiflorum*) ocupa un lugar importante en la cadena alimenticia de los rumiantes, se considera como principal al ganado vacuno (Velásquez, 2009). El origen de este pasto es Nativo del Centro y Sur de Europa, Noroeste de África y Suroeste de Asia (Vibrans, 2009), distribuida en países con clima templado, no demasiado frío, suelos fértiles y buena humedad (Dúran, 2013).

Según Dúran (2013) la clasificación taxonómica del pasto rye grass es la siguiente:

Tabla 2. Clasificación científica *Lolium multiflorum*.

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Traqueobionta</i> (plantas vasculares)
División	<i>Magnoliophyta</i> (plantas con flor)
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i> (planta con semilla)
Clase	<i>Liliopsida</i> (monocotiledóneas)
Subclases	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Cyperacene</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Tribu	<i>Poeae</i>
Genero	<i>Lolium</i>
Especie	<i>multiflorum</i>

4.4.2 Descripción botánica del rye grass

Lolium multiflorum es una planta bianual, aunque puede ser anual o trianual como la “*Lolium multilforum*” var “*Italicum*” Dúran (2013), es de crecimiento erecto con gran producción de macollos, desarrollo rápido y fácil establecimiento, la planta mide de 25 a 40 cm de altura, los tallos son cilíndricos Castillo (2004), con abundantes hojas de color verde brillante (Velásquez, 2009) . La vaina abraza e tallo y tiene dos aurículas largas y una lígula claramente visible. Las hojas enrolladas en el interior de la vaina, los tallos tienen sección circular y la base es de color rojizo (Dúran, 2013) .

Rocalba (2005) menciona que el pasto se adapta a las zonas comprendidas entre 2000 y 3200 m.s.n.m, y su mejor desarrollo se halla comprendido entre los 2 500 y 3200 m.s.n.m. Según Dúran (2013) crece muy bien en diferentes tipos de suelos, siendo mayor su producción en suelos fértiles, bien drenados.

El raigrás anual, italiano o criollo (*L. multiflorum*) presenta plantas de 30 a 100 cm de altura. Sus hojas de prefoliación convoluta (arrollada sobre sí misma), muestran láminas de 8 a 20 cm



de longitud y 3-8 mm de ancho, las espigas son rectas o ligeramente curvadas, con una longitud de 10 a 28 cm, donde se disponen las espiguillas que presentan más de 10 flores (típicamente de 11 a 22 flores) (Gigón *et al.*, 2017).

La dosis de siembra son de 20 a 30 kg/ha, según sean sus variedades diploides o tetraploide y de 30 a 40 kg/ha en las variedades westerwold, su siembre mediante al voleo es de 10 a 15 kg/ha de semilla (Dúran, 2013).

Según (Castillo, 2004) su producción en forraje verde de rye grass va entre los 60 a 70 ton/ha/año y en MS oscila entre 12 a 14 ton/ha/corte cada 6 semanas. Con una excelente fertilización y riego se duplica su producción entre 20 y 25 ton/ha MS y de forraje verde entre 100 a 175 ton/ha/año u valor nutrimental de este forraje es de 15 a 18 % de proteína cruda 70 a 80 % digestible y 2.96 mega calorías de energía metabolizable (Dúran, 2013).

Lolium multiflorum presenta plantas de 30 a 100 cm de altura. Sus hojas de prefoliación convoluta (arrollada sobre sí misma), muestran láminas de 8 a 20 cm de longitud y 3-8 mm de ancho. Las espigas son rectas o ligeramente curvadas, con una longitud de 10 a 28 cm, donde se disponen las espiguillas que presentan más de 10 flores (típicamente de 11 a 22 flores) (Gigón *et al.*, 2017).

4.5 Efecto de la luz y agua en las pasturas

Una pastura creciendo bajo diferentes coberturas arbóreas, presenta grandes incrementos en su calidad nutricional (más proteína cruda y menos carbohidratos estructurales), manteniendo el mismo rendimiento en materia seca que pasturas a libre exposición (Piñeros *et al.*, 2011). Según Torres (2015) su calidad nutritiva mejora cuando existen árboles, debido a la protección recibida contra las severidades del tiempo, ya que los arboles extraen bioelementos de las capas profundas del suelo. Piñeros *et al.* (2011) manifiesta que los pastos bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración, esto está relacionado con una eficiencia en el uso de la radicación solar.



El pastizal natural requiere relativamente de 650 hasta 750 mm de agua al año para mantener su buena composición y para producir mayor cantidad de forraje (Cornaglia *et al.*, 2005).

Restrepo y Escobar (2007) *Lolium perenne* no pueden mantener el crecimiento y el desarrollo bajo sequía prolongada e intensa, sino que buscan maneras seguir vivas durante un período limitado del déficit de agua y recuperarse activamente después de la rehidratación. DaCosta y Huang (2006) menciona que el agua es uno de los factores del medio ambiente que más incidencia tiene en la producción de forraje, pues las especies forrajeras varían notablemente en su tolerancia a las sequías originando un déficit hídrico, lo cual afecta el comportamiento de las plantas en sus aspectos celular, fisiológico y morfológico, y disminuye la tasa de crecimiento y retarda el desarrollo de la planta.

Muñoz *et al.* (2010) en su investigación realizada en un silvopastoril durante la época lluviosa con aliso (*Alnus jorullensis*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) encontró que este sistema mejora la fertilidad del suelo debido a que el aliso es fijadora de nitrógeno dando como resultado una la producción de materia seca y la calidad nutricional. Lindner (1976) encontró que la sombra favorecía a un mejor desarrollo de la altura de la planta, largo de la hoja y además la panícula tiene mayor longitud.

4.6 Análisis morfológico de las pasturas

Según Carrera (2011) en el kikuyo la producción de materia seca diaria es de 40 kg MS/ha sin fertilización. El adecuado manejo del kikuyo consiste en el pastoreo rotacional cada 40 – 80 días, de 5 a 10 cortes por año, con la cantidad de agua y fertilizante correcto.

Llas ventajas de las plantas C4 como es el kikuyo por su reducida foto respiración es resistente al calor y es eficiente en el uso del agua, su sistema radicular es profundo lo que hace que sea resistente a la sequía, sucede lo contrario con la humedad que afecta en la tasa de crecimiento de la planta reduciendo hasta un 61%, se ha encontrado que este pasto es menos tolerante a la sombra encontrando menos cantidad de clorofila en las hojas esto basado en el peso fresco a



pesar de ello la conversión de energía solar es para la fijación del CO₂ usualmente es alta en las plantas C₄; observándose que la conversión anual de la luz en energía en el campo es alrededor de 1.7% en kikuyo comparada con el rye grass perenne con 2.4% (Cuenca, 2011).

Gordillo y Vega (2012) menciona que el contenido de materia seca del forraje es la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde. Esto se realiza en laboratorios especializados, donde se utiliza hornos de ventilación forzada a temperaturas de 60 a 105 °C por 24 a 72 horas o el tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante (Canseco *et al.*, 2007).

Conto *et al.* (2011) mencionan que se trata de obtener altas producciones de materia seca en rye grass con una mejor calidad, disminuyendo costos para abastecer la demanda nutricional de los animales.

Según Villalobos y Sánchez (2010) el contenido de materia seca del pasto rye grass varío significativamente según el mes del año debido a las variaciones climatológicas de la zona, conforme se va incrementando la precipitación el pasto es más húmedo y su contenido de materia seca se reduce.

Para tener un buen desarrollo agromorfológico de los pastos con una longitud adecuada de los estolones, un número de hojas óptimo con buen tamaño, el número de brotes ideal con una buena producción de biomasa es necesario una fertilización nitrogenada adecuada (Guaña, 2014).

4.7 Potenciales efectos del cambio climático en los Sistemas Silvopastoriles

Los Sistemas agroforestales logra favorecer a la mitigación del calentamiento global mediante la conservación, el secuestro/almacenamiento y sustitución de carbono (Vine *et al.*, 1999).

Los Sistemas silvopastoriles podrían recibir pagos por ser mitigadores de calentamiento global y sus servicios ambientales, ya que el secuestro del carbono es muy importante para los proyectos de mitigación (Andrade y Ibrahim, 2003).



McKendry (2002) menciona que en los sistemas silvopastoriles, acumulan carbono en cuatro componentes, biomasa sobre el suelo, hojarasca, sistemas radiculares y carbón orgánico del suelo. Según Snowdon *et al.* (2002) los sistemas radiculares constituyen un sumidero de Carbono, que representa un 10 y 40 % de biomasa total, hojarasca, y carbono orgánico del suelo, destacando que donde almacenan carbono con mayor duración es en la biomasa leñosa. Las prácticas de secuestro de carbono en pastizales a menudo mejoran su productividad (Conant y FAO, 2010).

Los árboles en potreros tienen potencial para la mitigación al cambio climático tanto a nivel de finca como a nivel de paisaje remover carbono de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y en el suelo, este proceso se lleva a cabo por medio de las raíces de los árboles y de los pastos y de la hojarasca de los pastos (Villanueva *et al.*, 2018)

4.8 Emisiones de metano entérico en sistemas silvopastoriles

Vargas *et al.* (2012) mencionan que la emisión de metano entérico representa un 30% de las emisiones de metano de origen antropogénico y un 50% de las provenientes del sector agrícola. La producción de metano entérico constituye una pérdida energética para el rumiante que representa entre el 2 y el 12% de la energía bruta consumida.

Otros autores sugieren que en animales alimentados con forrajes tropicales se produce más metano (>8%) por unidad de energía bruta consumida que con aquéllos de zonas templadas (7%) debido a una mayor proporción de carbohidratos estructurales (Clark *et al.*, 2015).

Navarro-Villa *et al.* (2011) reportaron una disminución de 7% en la producción de metano por unidad de materia seca incubada al comparar trébol respecto a rye grass perenne.

Vargas *et al.* (2012) reportaron que existe una disminución del 22% en las emisiones de metano por unidad de producto animal cuando se compara un manejo tradicional de la pastura (continuo, sin rotación, sin fertilización) con un manejo intensivo rotacional (con fertilización y resiembra), debido a un aumento en la producción y calidad del forraje reflejándose en una mayor eficiencia animal a través del año.



5. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se simuló un sistema de sombra que podría proveer un sistema silvopastoril con la finalidad de conocer los posibles efectos de los árboles sobre los pastos y su influencia en producción de biomasa de los pastos y en las etapas de desarrollo del pasto. Además, la reacción del pasto ante los cambios climáticos como la reducción eventual de la precipitación.

5.1 Sitio de estudio

La investigación se llevó a cabo en la granja experimental El Romeral de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, ubicado en el kilómetro 10 de Paute – Guachapala del Cantón Guachapala, provincia del Azuay, en los 2°45'12" Sur y 78°42'1" Oeste, con una altitud de 2200 m s.n.m. El clima es templado con una temperatura promedio anual de 16.5°C, la precipitación anual promedio mínimo de 117.2 mm y una máxima de 288 mm.

El lugar de experimentación contiene una textura de suelo arcilloso, taxonómicamente se clasifica como vertisoles; la topografía del terreno tiene una pendiente del 8%.

Mapa de ubicación

Granja “Romeral”

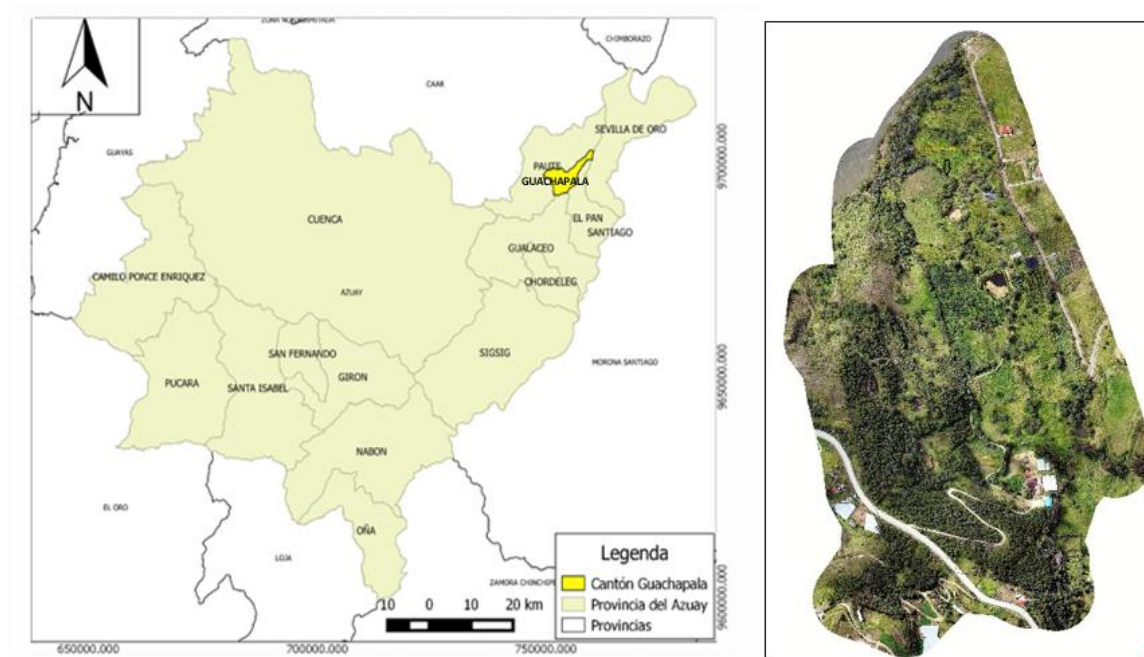


Figura 1. Ubicación del experimento **Fuente:** Elaboración propia.

5.2 Siembra de pasturas

El estudio se realizó durante 9 meses, durante agosto del 2017 a mayo del 2018 en época seca, durante las primeras 6 semanas se realizó la preparación del área, el establecimiento, distribución y siembra de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*) en las respectivas parcelas, para establecer los tratamientos de exclusión de luz y agua respectivamente.

La siembra de kikuyo se realizó mediante el uso de material vegetativo proveniente de la granja. Los estolones contaron con 3-4 yemas para su siembra. La distancia entre plantas fue de 15 cm y entre surcos de 20 cm.

En el caso del rye grass, se utilizó semilla certificada de la casa comercial ALASKA y se sembraron a 20cm entre hileras chorro continuo, utilizando una densidad de 900 gr por parcela para este cultivar rye grass *Lolium multiflorum* anual tetraploide “Magnum”.

5.3 Sistema de exclusión de agua y sombra

En el experimento para el sistema de exclusión de lluvia fue una adaptación utilizado por el método de (Yahjian y Sala, 2002) que constó de una estructura de madera de 2x2 m la cual la parte más alta de la estructura tuvo una altura de 1.13 m y la parte más baja 0.45 m de altura, esto permite obtener una pendiente que facilita la eliminación de agua según el tratamiento. En la parte superior, las estructuras contenían láminas de PVC transparente de 0.125 m de ancho ubicadas de forma cóncava hacia arriba espaciadas entre sí de acuerdo a los tratamientos, permitiendo de esta manera excluir el agua lluvia dentro de la parcela en el porcentaje deseado de acuerdo a la superficie ocupada por las láminas.

Para la generación de sombra se aplicó en la misma estructura a 0.45 m de altura desde la base una película de malla sarán en posición horizontal, material que aportó sombra a las parcelas de acuerdo a los tratamientos establecidos sin excluir el agua lluvia (Figura 2).



Figura 2. Estructura de exclusión de lluvia y sombra.

5.5 Diseño del experimento

Se evaluaron 4 niveles de sombra al 0%, 30%, 50% y 80% y 3 niveles de exclusión de lluvia al 50%, 25% y 0%.

Para el estudio se empleó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial de 3X4, asignando a las parcelas el factor sombra como factor A y al factor exclusión de lluvia como factor B, con 5 repeticiones, dando un total de 12 tratamientos y 60 unidades experimentales.

La unidad experimental fue de 4 m² la cual esta se dividió en dos subparcelas de 2 m² cada una, en la que se estableció en cada subparcela kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium multiflorum*) respectivamente (Figura 3).

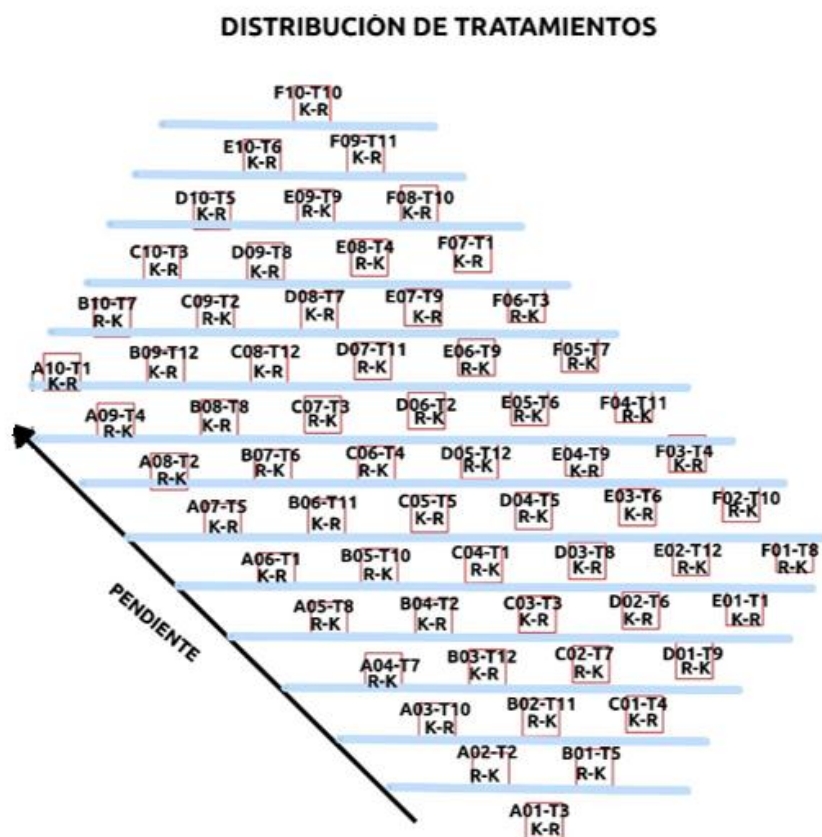


Figura 3. Distribución de los tratamientos en el sitio de investigación

A continuación, se observa la lista de los tratamientos evaluados con las combinaciones de los niveles de sombra y exclusión de lluvia.



Tabla 3. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Sombra	Exclusión de agua
T1	0%	0%
T2	80%	0%
T3	50%	0%
T4	30%	0%
T5	0%	25%
T6	80%	25%
T7	50%	25%
T8	30%	25%
T9	0%	50%
T10	80%	50%
T11	50%	50%
T12	30%	50%

Carrasco y Muñoz, Universidad de Cuenca 2019.

5.4 Evaluación morfológica

Se evaluaron semanalmente variables morfológicas de la altura de la planta en centímetros, el número de hojas emitidas y el número de brotes/macollos de 3 plantas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y 3 plantas de rye grass (*Lolium multiflorum*) respectivamente, durante 6 semanas, y para la evaluación de área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho de la hoja, relación hoja/tallo se realizó la extracción de las 3 plantas evaluadas de cada pasto a los 45 días según, Gómez *et al.* (2014) , y se procedió a separar las hojas y los tallos para calcular el área foliar, el área foliar específica, la relación largo/ancho de las hojas y relación hoja/tallo.

Para calcular el área foliar según el software las hojas fueron escaneadas y el área calculada usando el software ImageJ (2016) mientras que para el área foliar específica se procedió a secar las hojas en una estufa de laboratorio a 65°C por 72 horas (Gómez *et al.*, 2014).

Luego realizar el respectivo cálculo aplicando la fórmula, adaptado de (Martínez, 2011).

$$AFE=AF/PS$$

Donde:

AFE = área foliar específica



PS = peso seco de la hoja

AF = área foliar

Para calcular la relación larga/ancho de la hoja se procedió a medir el largo y el ancho de la hoja en centímetros y se aplicó la siguiente fórmula:

$$RL/A = LH/AH$$

Donde:

RL/A = Relación largo/ancho de la hoja

LH = Largo de la hoja

AH = Ancho de la hoja

Para el cálculo de la relación hoja/tallo se procedió a secar las hojas y los tallos en la estufa de laboratorio durante 72 horas a 65°C y se procedió a pesar las hojas y tallos por separado y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Relación H/T} = PSH/PST$$

Donde:

RH/T = Relación hoja/tallo

PSH = Peso seco de la hoja

PST = Peso seco del tallo

Finalmente para la evaluación de la materia fresca (MF) y materia seca (MS), se cosecharon los pastos utilizando un marco de madera de 0.25 m² seleccionando el área de cosecha tomando en cuenta la exclusión de los bordes de las parcelas, inmediatamente los pastos se colocaron en una bolsa plástica para ser pesados y obtener la materia fresca (MF), posteriormente se colocaron las muestras en bolsas de papel y se procedió a secar las muestras en la estufa del laboratorio 70°C por 72 horas y pesar para obtener la materia seca (MS) de los pastos.

Luego realizar el respectivo cálculo aplicando la fórmula, adaptado de (Quilligana, 2015).

$$MS \% = (PF - PI) / PF * 100$$



Donde:

PF= Peso final (materia fresca)

PI= Peso inicial (materia seca)

5.6 Análisis estadístico

Para el análisis del efecto de la exclusión de lluvia, efecto de la sombra y la interacción de la exclusión de lluvia y sombra se procedió a analizar a los 45 días las variables: Altura de la planta, número de hojas, número de brotes/macollos, área foliar, área foliar específica, relación larga/ancho de la hoja, relación hoja/tallo de la planta, materia fresca y materia seca; del kikuyo y rye grass. Se realizaron análisis exploratorio general de los datos con un análisis multivariado para cada una de las especies de pasto para determinar las respuestas de los pastos ante las variables.

Del cual se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk al 5% para verificarla normalidad de las variables y se realizó un test de ANOVA para identificar las diferencias que existen; y se elaboró gráficos para visualizar las diferencias.

Las variables que resultaron no ser normales se utilizó el test no paramétrico de Kruskal Wallis para observar las diferencias. Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico (RStudio, 2011).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis general de datos y estadística descriptiva

Al realizar el análisis multivariado podemos observar de manera general diferentes respuestas de las especies de pasto; así; para el kikuyo las variables que más influencia tuvieron en la variabilidad registrada de los datos fueron la relación larga/ancho, número de hojas y número de brotes, mientras que para el rye grass fueron la altura de la planta, la relación hoja/tallo y el área foliar (Figura 4).

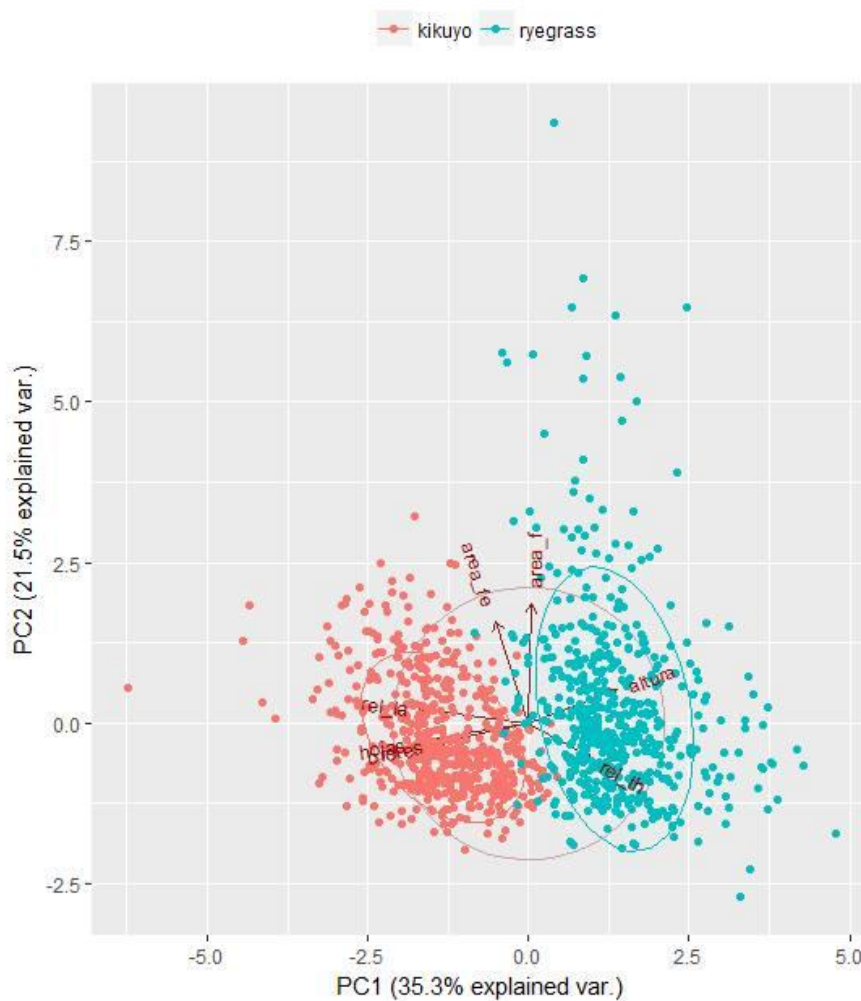


Figura 4. Respuesta general de las variables en kikuyo y rye grass.

Luego de realizar la prueba de normalidad con el test de Shapiro-Wilk, se determinó que algunas variables fueron normales para kikuyo y rye grass, por lo que se realizó la prueba ANOVA (Tabla 4,5 y 6).

Las variables los que no cumplen la condición de normalidad fueron analizadas usando un análisis no paramétrico con el test de Kruskal Wallis Tabla (7,8 y 9).

6.1.1 Efecto de la exclusión de lluvia en el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables altura, área foliar, área foliar específica, relación hoja/ tallo, materia fresca, materia seca en el corte 1 se describen en la Tabla 4.



Tabla 4. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.*

Exclusión de lluvia				
CORTE 1	0%	25%	50%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	Valor P
Altura	2.1 ± 0.18	1.6 ± 0.42	2.0 ± 0.07	ns
Área foliar	6.3 ± 0.45	7.1 ± 0.46	8.7 ± 0.07	ns
Área foliar específica	202.2 ± 8.95	204.4 ± 32.78	147.6 ± 21.59	ns
Relación hoja/tallo	0.8 ± 0.07	1.1 ± 0.06	1.2 ± 0.08	**
Materia fresca	4095.3 ± 293.32	2341.7 ± 96.44	3268.7 ± 295.65	*
Materia seca	924.6 ± 67.16	569.44 ± 17.07	754.6 ± 62.25	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *. Significativo, **. Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de Tuque 5%, altura (cm), área foliar específica (cm^2/g), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables altura, número de hojas, número de brotes, área foliar, área foliar específica, relación larga/ancho, relación hoja/tallo, materia fresca y materia seca en el corte 2 se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 2.*

Exclusión de lluvia				
CORTE 2	0%	25%	50%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	Valor P
Altura	1.9 ± 0.14	2.0 ± 0.08	2.2 ± 0.07	ns
Número de hojas	6.1 ± 0.21	6.1 ± 0.14	6.3 ± 0.09	ns
Número de brotes	1.1 ± 0.13	1.1 ± 0.11	1.5 ± 0.20	ns
Área foliar	4.6 ± 0.34	5.2 ± 0.36	6.7 ± 0.30	ns
Área foliar específica	184.0 ± 6.59	204.6 ± 9.42	192.37 ± 5.09	ns
Relación largo/ancho	13.7 ± 1.00	14.7 ± 0.85	13.1 ± 0.62	ns
Relación hoja/tallo	1.0 ± 0.11	0.8 ± 0.08	0.9 ± 0.06	ns
Materia fresca	4030.8 ± 482.03	3524.8 ± 573.69	3421.4 ± 335.10	ns
Materia seca	1055.5 ± 118.88	869.4 ± 110.09	926.72 ± 81.73	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), área foliar (cm^2), área foliar específica (cm^2/g), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables altura, número de hojas, número de brotes, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho, relación hoja/tallo, materia fresca y materia seca en el corte 3 se describen en la Tabla 6.



Tabla 6. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.*

Exclusión de lluvia				
CORTE 3	0%	25%	50%	Valor P
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	2.2 ± 0.15	1.9 ± 0.09	1.8 ± 0.10	ns
Número de hojas	6.5 ± 0.18	5.5 ± 0.31	5.3 ± 0.11	ns
Número de brotes	1.7 ± 0.27	2.0 ± 0.22	1.1 ± 0.15	ns
Área foliar específica	270.3 ± 54.42	197.0 ± 5.48	200.4 ± 4.58	ns
Relación largo/ancho	17.1 ± 0.91	13.4 ± 0.89	14.0 ± 0.36	ns
Relación hoja/tallo	1.0 ± 0.07	1.0 ± 0.08	1.0 ± 0.02	ns
Materia fresca	2082.3 ± 266.07	1471.0 ± 162.89	2527 ± 425.68	ns
Materia seca	604.2 ± 79.65	441.9 ± 58.77	742.2 ± 107.17	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas: Leyenda; ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hojas, número de brotes, relación largo/ancho, para el corte 1, se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. *Análisis de las variables en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.*

Exclusión de lluvia				
CORTE 1	0%	25%	50%	Valor P
Variable	Mediana			
Número de hojas	6.7	6.3	6.3	ns
Número de brotes	1.3	2.3	2.3	ns
Relación largo/ancho	15.1	14.7	22.0	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), relación largo/ancho (cm).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en la variable no normal de área foliar para el corte 3, se describen en la Tabla 8.

Tabla 8. *Análisis de la variable en kikuyo para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.*

Exclusión de lluvia				
CORTE 3	0%	25%	50%	Valor P
Variable	Mediana			
Área foliar	8.8	6.1	4.9	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, área foliar (cm²).

La altura del kikuyo en el efecto de exclusión de lluvia no se han encontrado diferencias significativas en el corte 1, 2 y 3 (Tabla 4, 5 y 6). La altura del registrada en esta investigación es relativamente bajo, pues el estudio se realizó durante época seca y sin aplicación de riego; a



comparación con resultados obtenidos por López *et al.* (2018) realizado en la zona oriental de la provincia del Azuay se evaluó la composición botánica de kikuyo-rye grass-trébol blanco y rojo obteniendo una altura de 17 cm; aplicando un sistema de riego por aspersión en un sistema de pastoreo Cuenca (2011) encontró que la falta de precipitación afecta a los pastos en el comportamiento biológico y morfológico afectando negativamente el crecimiento y la calidad del pasto.

Para el número de hojas del kikuyo no se han encontrado diferencias significativas; esto para los tres cortes (Tabla 5, 6 y 7). El número de hojas del kikuyo en los tratamientos se encontró en un rango de 5 a 6 hojas. Dicho resultado concuerda con Carrera (2011) donde encontró que la formación completa de 5 hojas en el kikuyo se dio cuando alcanzó una altura de 39,33 a 45 cm esto realizado con diferentes fuentes de fertilización nitrogenada Guaña (2014) manifiesta que lo ideal para el pastoreo es cuando la planta alcanza un promedio de 4.5 hojas por rebrote con fertilización nitrogenada y riego a capacidad de campo.

En número de brotes en kikuyo no se han encontrado diferencias significativas en el corte 1, 2 y 3 (Tabla 5, 6 y 7). El número de brotes del kikuyo varió en promedio entre 1 – 2 obteniendo resultados no significativos. Esto se debe a que según Guaña (2014) el exceso o falta de agua trae cambios morfológicos como: disminución en el crecimiento de los tallos, incremento en la proporción de hojas y retraso de la madurez de las plantas. Además, el número de brotes que obtuvo fue según el grosor de los estolones. Los estolones delgados obtuvieron 4 brotes, los de grosor mediano con 5 brotes y los gruesos con 9 brotes.

En el caso del área foliar y área foliar específica para kikuyo no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 4, 5, 6 y 8). En el caso del área foliar con rango de promedio entre 4.93 - 8.83 cm² y área foliar específica con promedios entre 147.55 cm²/g – 270.29 cm²/g para kikuyo Amaro *et al.* (2004) igualmente indica que las hojas más densas y con menor área foliar tienen correlaciones altas con una mayor lignificación del tallo.



La relación largo ancho de la hoja en el kikuyo se obtuvo resultados no significativos en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 5, 6 y 7). La relación largo ancho de la hoja en el kikuyo se obtuvo entre 13.13 cm – 21.96 cm. Esto puede deberse al estrés hídrico de la planta al no proporcionarle riego y además fertilización, pues según Prieto y Sanchez (2004) quién realizó el ensayo bajo condiciones lluviosas, quien afirma que el desarrollo del follaje de los pastos depende de varios factores, entre ellos a las condiciones ecológicas predominantes como la intensidad de lluvias. Peters *et al.* (2010) manifiesta que en buenas condiciones de manejo del pasto las hojas adquieren un largo de 30 cm y 0.7 cm de ancho obteniendo una relación largo/ancho de la hoja de 42.86 cm.

La relación hoja/tallo del kikuyo resultó ser altamente significativo en el corte 1 donde se encontró que a mayor exclusión de lluvia aumenta la relación hoja/tallo con medias de 0.75 g, 1.09 g y 1.22 g a 0%, 25% y 50% respectivamente (Figura 5); mientras en los cortes 2 y 3 no se obtuvieron diferencias significativas (Tabla 4, 5 y 6). Alayón (2014) encontró una reducción en la relación entre el área foliar y peso de las hojas; esta situación se atribuye a una alteración en la estructura de la hoja, o bien al incremento en la concentración de nutrimentos o carbohidratos no estructurales en la misma; esta reducción, es el resultado de una incapacidad de la planta, para asignar estos compuestos en crecimiento estructural Diannelis *et al.* (1994) obtuvo una relación largo ancho de la hoja de 4.4 en fertilización con macronutrientes y combinación con alfalfa en época seca.

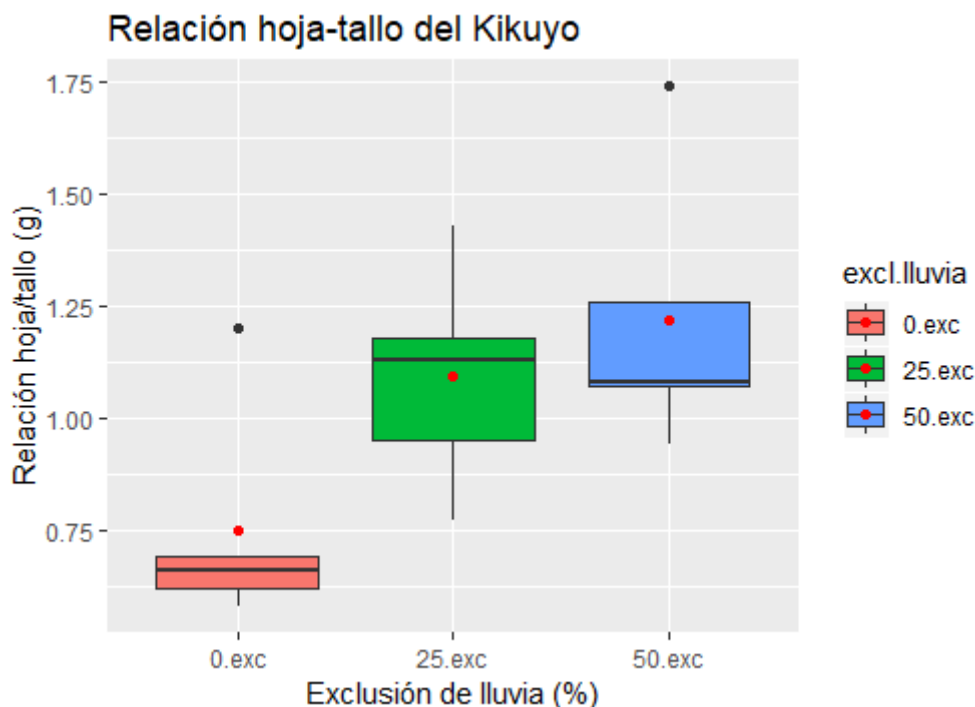


Figura 5. Relación hoja/tallo del kikuyo con diferentes niveles de exclusión de lluvia en el corte 1.

En el análisis de materia fresca en kikuyo se encontró diferencias significativas únicamente en el corte 1, con medias de 4095.28 kg/ha, 2341.68 kg/ha y 3268.72 kg/ha a 0%, 25% y 50% de exclusión de lluvia respectivamente (Figura 6); mientras que en los cortes 2 y 3 los resultados fueron no significativos (Tabla 4, 5 y 6). La producción de materia fresca obtenida en la investigación fue baja a comparación con la producción de biomasa fresca obtenida por López *et al.* (2018) en cuanto materia verde bajo sistema de riego por aspersión se obtuvo una producción de 10175 kg MV/ha a nivel de pastoreo y además con composición botánica entre kikuyo-rye grass-trébol blanco y rojo. La investigación de Carrera (2011) realizada en diferentes niveles de fertilización en kikuyo en verano no suministró agua para verificar los días del desarrollo del kikuyo y se confirmó que la falta de agua los días del desarrollo del kikuyo fueron mayores. Mientras que con riego incluido produjo 4011.55 kg MV/ha Jaramillo *et al.* (2014) manifiesta que el kikuyo es afectado en épocas de verano y aún más por las heladas con una reducción en la producción de biomasa; además, en climas fríos necesitan mayor fertilización para una producción adecuada.

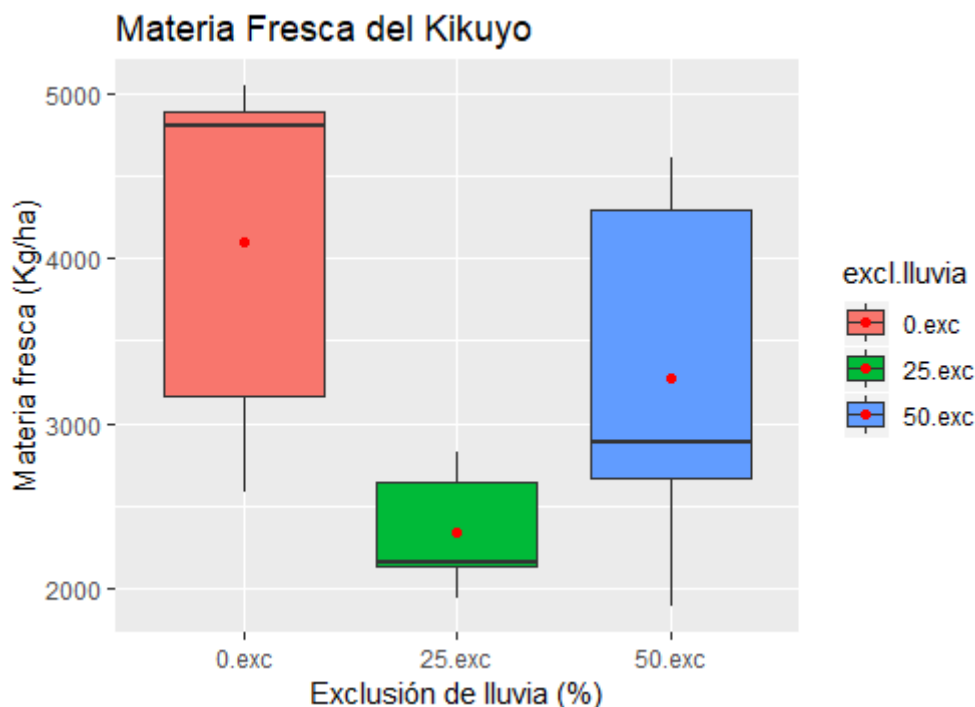


Figura 6. Materia fresca del kikuyo con diferentes niveles de exclusión de lluvia en el corte 1

Los resultados de producción de materia seca en kikuyo se encontraron diferencias no significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 4). La producción mínima en promedio fue de 441.92 Kg MS/ha y la máxima de 1055.52 Kg MS/ha en la investigación. Resultados similares fueron encontrados por Alayón (2014) obtuvo 557 y 816 Kg MS/ha con aplicaciones de abonos orgánicos en época de máxima precipitación, y 1887 y 2023 Kg MS/ha en época de mínima precipitación al rebrote de 45 días. Mientras que en el ecosistema Montano bajo sistema de riego por aspersión realizado en la zona oriental de la provincia del López *et al.* (2018) donde se evaluó la producción de materia seca de la composición botánica de kikuyo-rye grass-trébol blanco y rojo se obtuvo una producción de 2559 MS Total (kg/ha) en sistema de pastoreo. Mientras tanto que Carrera (2011) con fertilización nitrogenada y riego obtuvo una producción de materia seca de 781.55 kg MS/ha.

6.1.2. Efecto de la sombra en el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables, número de hojas, número de brotes, área foliar específica, relación hoja/tallo, materia fresca y materia seca para el corte 1, se describen en la Tabla 9.



Tabla 9. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 1.*

CORTE 1	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Número de hojas	6.3 ± 0.15	6.2 ± 0.15	6.0 ± 0.12	6.3 ± 0.17	ns
Número de brotes	1.5 ± 0.22	1.9 ± 0.10	0.7 ± 0.18	1.1 ± 0.14	ns
Área foliar específica	202.2 ± 7.75	182.1 ± 8.80	252.0 ± 6.30	257.0 ± 11.50	ns
Relación hoja/tallo	0.8 ± 0.06	2.0 ± 0.35	1.7 ± 0.06	1.8 ± 0.06	ns
Materia fresca	4095.3 ± 254.02	4113.9 ± 425.96	7591.5 ± 317.18	6091.4 ± 226.80	**

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: **. Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%. número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), área foliar específica (cm^2/g), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables, número de hojas, número de brotes, área foliar específica, relación hoja/tallo, materia fresca y materia seca para el corte 2, se describen en la Tabla 10.

Tabla 10. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 2.*

CORTE 2	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Número de hojas	6.1 ± 0.18	6.7 ± 0.20	6.9 ± 0.14	6.7 ± 0.11	ns
Número de brotes	1.1 ± 0.11	1.3 ± 0.14	1.4 ± 0.11	0.7 ± 0.10	ns
Área foliar específica	184.0 ± 5.70	207.6 ± 8.98	246.9 ± 13.21	260.6 ± 5.58	*
Relación hoja/tallo	1.0 ± 0.10	0.9 ± 0.07	1.3 ± 0.06	1.4 ± 0.8	ns
Materia fresca	4030.8 ± 417.45	3839.3 ± 329.52	7317.5 ± 536.01	5573.8 ± 428.4	*
Materia seca	1055.2 ± 103.0	993.0 ± 45.69	1441.2 ± 60.08	1181.8 ± 92.09	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *. Significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%. número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), área foliar específica (cm^2/g), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables, altura, número de hojas, número de brotes, relación hoja/tallo y materia fresca para el corte 3, se describen en la Tabla 11.



Tabla 11. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 3.*

CORTE 3	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	2.2 ± 0.13	2.5 ± 0.17	4.7 ± 0.28	4.1 ± 0.32	ns
Número de hojas	6.5 ± 0.15	6.3 ± 0.14	6.5 ± 0.11	6.1 ± 0.10	ns
Número de brotes	1.7 ± 0.23	2.0 ± 0.17	1.9 ± 0.14	1.3 ± 0.14	ns
Relación hoja/tallo	1.0 ± 0.06	1.2 ± 0.03	1.2 ± 0.05	1.4 ± 0.05	ns
Materia fresca	2082.3 ± 230.42	2625.3 ± 345.15	3760.7 ± 327.37	2209.9 ± 271.09	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%. Altura (cm), número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables no normales de altura, área foliar, relación largo/ancho y materia seca para el corte 1, se describen en la Tabla 12.

Tabla 12. *Análisis de las variables en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 1.*

CORTE 1	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	Mediana				
Altura	1.8	2.1	3.2	4.4	*
Área foliar	6.3	9.4	11.6	16.0	*
Relación largo/ancho	15.1	23.5	38.3	42.3	**
Materia seca	1029.6	775.6	1290.4	918.4	*

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *.Significativo, ** .Altamente significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), área foliar (cm²), relación largo/ancho (cm), materia seca (kg/h).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables no normales de altura, área foliar y relación largo/ancho para el corte 2, se describen en la Tabla 13.

Tabla 13. *Análisis de las variables en kikuyo para el efecto de sombra en el corte 2.*

CORTE 2	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	Mediana				
Altura	2.0	2.7	4.1	4.5	**
Área foliar	4.5	6.9	17.7	12.4	*
Relación largo/ancho	13.0	17.3	34.3	31.2	**

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *.Significativo, ** .Altamente significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), área foliar (cm²), relación largo/ancho (cm).



Los resultados para el efecto de la sombra en las variables no normales de área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho y materia seca para el corte 3, se describen en la Tabla 14.

Tabla 14. *Análisis de las variables en el kikuyo para el efecto de sombra en el corte 3.*

CORTE 3	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	Mediana				
Área foliar	8.8	6.9	18.0	16.1	ns
Área foliar específica	180.9	182.6	247.8	228.4	*
Relación largo/ancho	17.1	16.4	29.0	29.1	**
Materia seca	517.6	587.2	895.2	377.6	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *.Significativo, **.Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm), materia seca (kg/ha).

Al analizar la altura se encontró en el kikuyo en el corte 1 y 2 se observó efectos significativos en los diferentes porcentajes de sombra recibida; así en el corte 1: 1.83 cm, 2.07 cm, 3.20 cm y 4.43 cm con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente, para el corte 2: 1.97 cm, 2.73, 4.07 cm y 4.47 cm con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente (Figura 7), donde a mayor sombra la altura también aumentaba proporcionalmente; el corte 3 resultó no tener diferencias significativas (Tabla 11, 12 y 13). Al analizar la altura se encontró en el kikuyo que a mayor sombra la altura se incrementa. En la investigación realizada por Alayón (2014) obtuvo alturas superiores a 30 cm de altura de la planta con aplicaciones de abonos orgánicos en su ensayo sin aplicación de sombra Diannelis *et al.* (1994) obtuvo una altura de 20 cm con fertilización con macronutrientes esto sin aplicación de sombra y con riego moderado en época seca. Además, Piñeros *et al.* (2011) encontró que los pastos que se encontraban bajo sombra crecieron más que el pasto que no tuvo sombra debido a que los lugares bajo sombra contienen mejores condiciones de humedad que ayuda a la fotosíntesis y respiración y menor estrés de calor a los pastos. Por lo tanto, los pastos que no tuvieron sombra sufrieron mayor estrés posiblemente por tener una mayor evapotranspiración dando como resultado un menor crecimiento que las que se encontraban bajo sombra Peri *et al.* (2007) en su estudio manifiesta que las plantas que se encuentran bajo sombra tienden a etiolarse en respuesta a la competencia de luz con plantas vecinas.

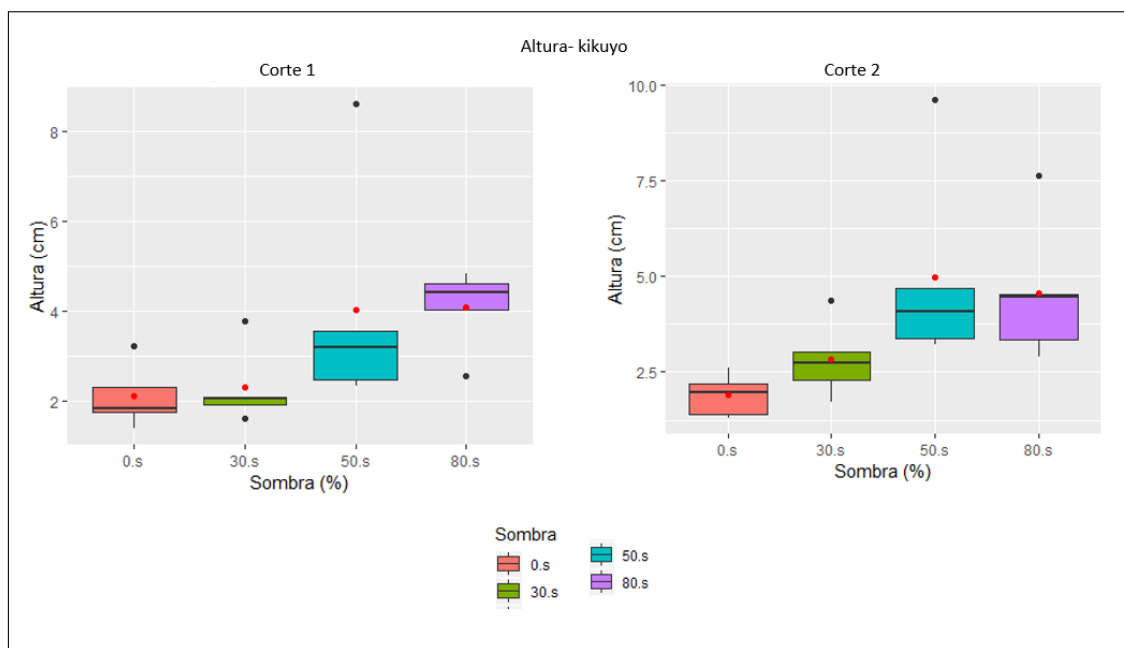


Figura 7. Altura del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 1 y 2.

En el caso del número de hojas y número de brotes en kikuyo resultó no tener diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 9, 10 y 11). El número de hojas del kikuyo se obtuvo como promedio de 6 hojas; además se observó que los pastos bajo sombra desarrollaban menor cantidad de brotes a comparación con las que se encontraban a pleno sol o con menor porcentaje de aplicación de sombra. Resultados similares obtuvo Fonseca (2015) donde encontró una relación entre la altura y el número de hojas y la producción de biomasa mientras la altura era mayor el número de hojas aumentaba hasta 6 hojas donde alcanzaba mayor producción de biomasa en condiciones naturales y aplicación de fertilización.; esto sin aplicación de sombra; al igual que Alayón (2014) en su investigación realizado con diferentes dosis de aplicación de abonos orgánicos en pasto sin sombra obtuvo un promedio 5 hojas por tallo.

En el caso del área foliar y área foliar específica para kikuyo se encontraron diferencias significativas en los cortes 1 y 2 en área foliar donde se observó variaciones; en el corte 1: 6.26 cm², 9.39 cm², 11.59 cm² y 16.03 cm² con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. En el corte 2: 4.47 cm², 6.89 cm², 17.69 cm² y 12.35 cm² con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente, se observó que a mayor sombra el área foliar es mayor con excepción de la sombra al 50% donde el área foliar es mayor (Figura 8). El corte 3 resultó no tener diferencias

significativas (Tabla 12, 13 y 14). El análisis del área foliar específica muestra que no se encontraron diferencias significativas para el kikuyo en el corte 1 pero se encontraron diferencias significativas en los cortes 2 y 3 (Figura 9). En el corte 2: 202.24 cm²/g, 182.09 cm²/g, 252.00 cm²/g y 257.00 cm²/g con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. En el corte 3: 180.86 cm²/g, 182.63 cm²/g, 247.76 cm²/g y 228.37 cm²/g con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente (Tabla 9, 10 y 14).

Podemos observar el área foliar y área foliar específica para kikuyo se encontró una relación directamente proporcional con la sombra, lo que significa que a mayor sombra el área foliar es mayor alcanzando un nivel máximo de área foliar al 50% si se aplica más sombra el área foliar disminuye Murtagh *et al.* (1987) manifiesta que la radiación solar no está relacionada con el crecimiento y la aparición de hojas nuevas está, en su lugar encontró que las altas temperatura tiene efectos en la producción de materia verde y aparición de hojas nuevas. Amaro *et al.* (2004) manifiesta que las especies más demandantes de luz presentan mayor área foliar específica; además esta variable está correlacionada inversamente al crecimiento. Por lo tanto, podemos observar que mayor altura menor área foliar específica.

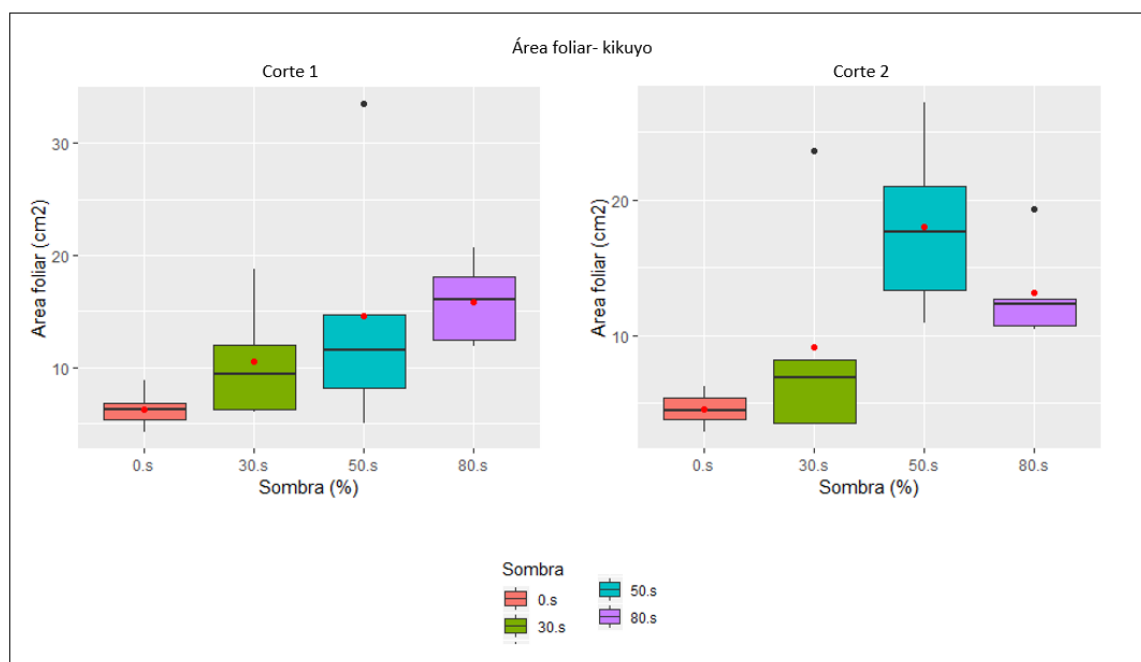


Figura 8. Área foliar del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 1 y 2.

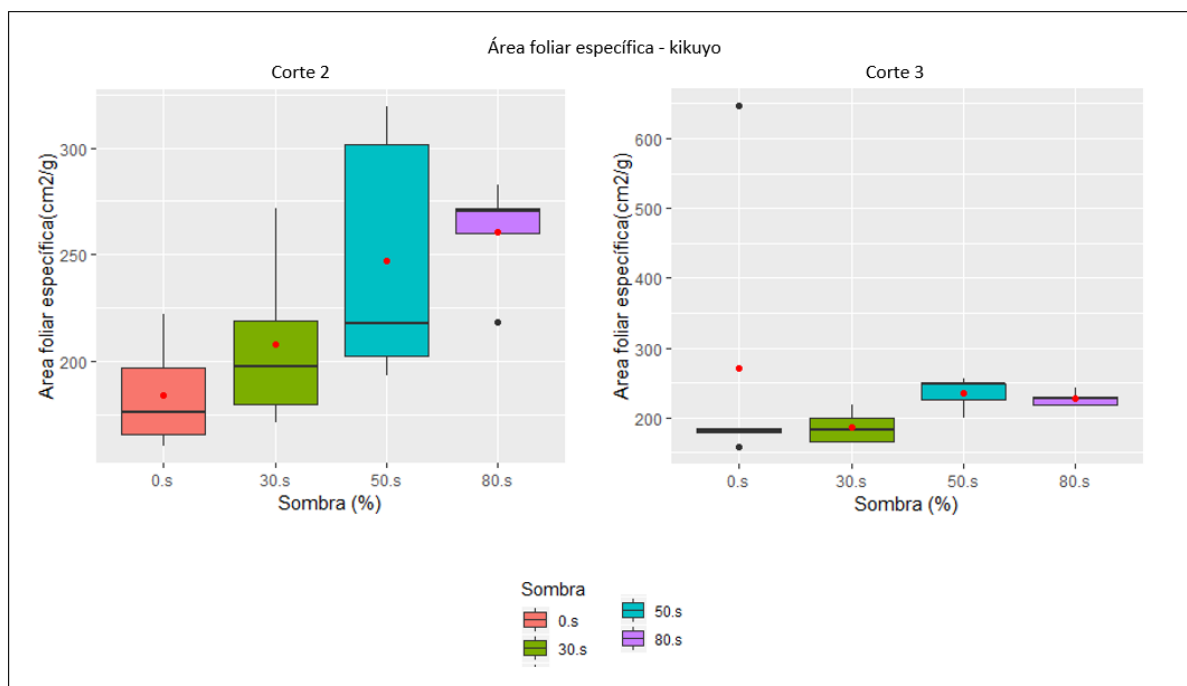


Figura 9. Área foliar específica del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 2 y 3.

La relación largo ancho de la hoja en el kikuyo se obtuvo resultados significativos en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 12, 13 y 14). En el corte 1 se observó efectos significativos donde se encontró que el pasto que no estaba cubierto por sombra la relación del largo/ancho de la hoja fue mayor que las que tenían sombra así: 15.10 cm, 23.45 cm, 38.31 cm y 42.77 cm con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. En el corte 2 conforme el porcentaje de sombra aumenta se incrementa la relación largo/ancho de la hoja con excepción del 80% de sombra donde disminuye a comparación del 50% de sombra, así: 12.96 cm, 17.26 cm, 34.30 cm y 31.20 cm con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. En el corte 3 observamos similar respuesta a mayor sombra mayor relación largo/ancho de la hoja con un ligero descenso en la relación largo/ancho de la hoja al 30% de sombra, así: 17.10 cm, 16.35 cm, 28.89 cm y 29.11 cm con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente (Figura 10).

La relación largo ancho de la hoja en el kikuyo se obtuvo resultados significativos donde se observa que la sombra incide en el desarrollo de las hojas, mientras el pasto se encuentra en sombra la hoja es más larga y más ancha. Piñeros *et al.* (2011) manifiesta que los pastos que

crecen bajo sombra tienden desarrollar hojas más largas, pero menos gruesas, que le beneficia en la habilidad de competir por luz y reduce la tasa de respiración.

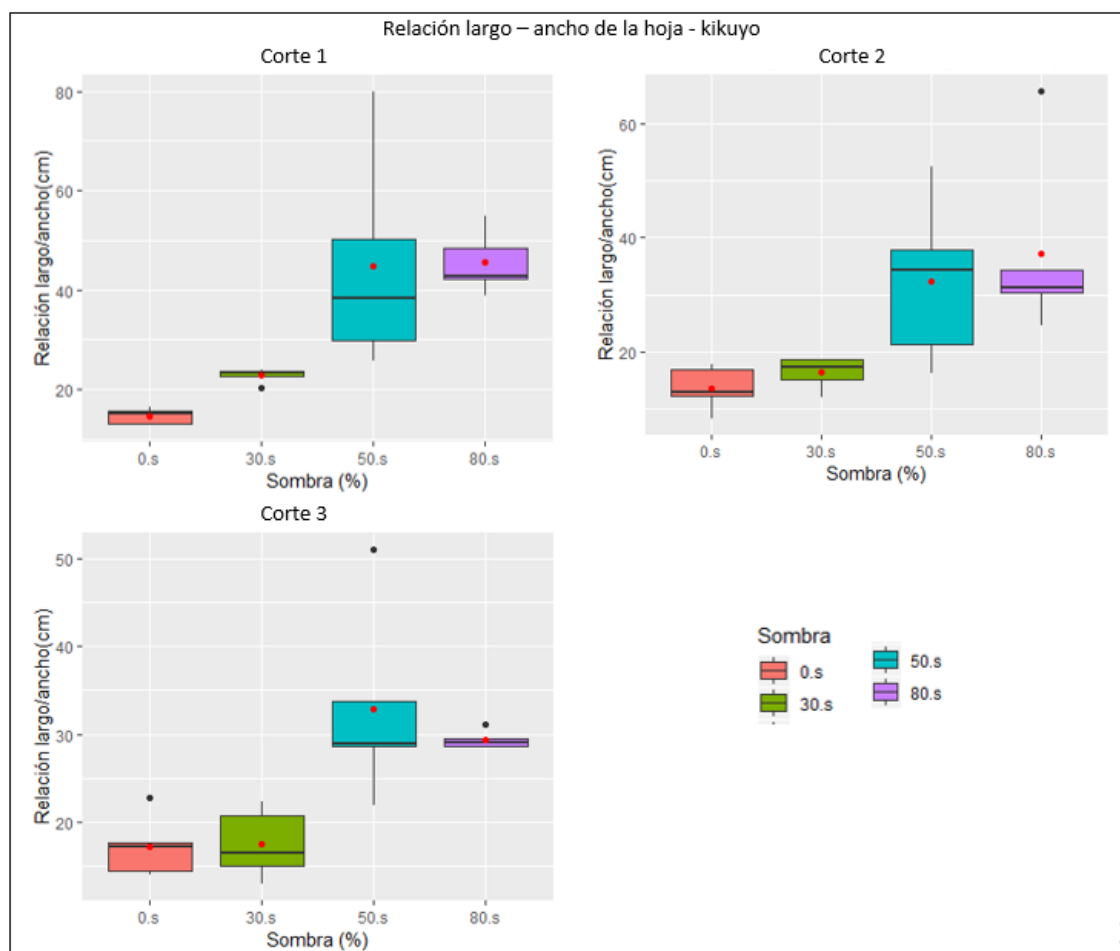


Figura 10. Relación largo/ancho de la hoja del kikuyo bajo diferentes niveles de sombra en los cortes 1, 2 y 3.

La relación hoja/tallo del kikuyo resultó no significativo en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 9, 10 y 11). En la relación hoja/tallo se registraron promedios entre 0.75 – 1.96. Diannelis *et al.* (1994) obtuvo una relación hoja/tallo de 4.1 esto con fertilización de macro y micronutrientes con aplicación de riego y sin aplicación de sombra en época seca. Ortíz (2015) manifiesta que si el objetivo es obtener mayor producción de biomasa de kikuyo es fundamental realizar una fertilización con N y P; donde se observan resultados óptimos en el crecimiento y desarrollo de las hojas y producción de biomasa independientemente de los factores ambientales.



En el análisis de materia fresca y materia seca en kikuyo. Se encontró diferencias significativas en los cortes 1 y 2 para la materia fresca (Figura 11). En el corte 1 se encontró una producción de materia fresca de 4095.28 kg/ha, 4113.92 kg/ha, 7591.52 kg/ha y 6091.36 kg/ha con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. En el corte 2 los resultados de producción de materia fresca son: 4030.80 kg/ha, 3839.28 kg/ha, 7317.52 kg/ha y 5573.84 kg/ha con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. Estos resultados son similares donde al 50% porcentaje de sombra la producción de materia fresca es mayor. En el corte 3 los resultados fueron no significativos (Tabla 9, 10 y 11). Los resultados de producción de materia seca en kikuyo se encontraron diferencias significativas en el corte 1 y en los cortes 2 y 3 no se encontraron diferencias significativas (Tabla 10, 12 y 14). En el corte 1 la producción de materia seca fue de 1029.60 kg/ha, 775.60 kg/ha, 1290.40 kg/ha y 918.40 kg/ha con 0%, 30%, 50% y 80% de sombra respectivamente. Donde observamos una mayor producción de materia seca cuando el pasto estaba cubierto con 50% de sombra; la respuesta fue similar a la producción de materia fresca (Figura 12).

En el análisis de materia fresca y materia seca en kikuyo se obtuvo mayor producción de materia fresca hasta un 50% de sombra mientras que al aplicar mayor porcentaje de sombra la producción de materia fresca disminuye. Fonseca (2015) obtuvo una producción de 6966.04 Kg/ha de biomasa fresca cuando el pasto kikuyo obtuvo 4.5 hojas en condiciones naturales y aplicación de fertilizantes. En la investigación realizada en un sistema silvopastoril con acacia (*Acacia decurrens*) y rye grass (*Lolium multiflorum* Lam.). Gómez *et al.* (2014) obtuvo una producción de 5410 Kg MV/ha en kikuyo y además, mejoró la calidad nutricional del pasto bajo un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata*). Además, Giraldo y Bolívar (2006) en el sistema silvopastoril de kikuyo con acacia obtuvo una producción de 1397 K MS/ha en una densidad alta de 1110 árboles/ha mientras que con una baja densidad de 407 árboles/ha obtuvo una producción de 2084 Kg MS/ha. García *et al.* (2015) obtuvo una producción de 726.4 Kg MS/ha con fertilización en época invernal en pastura natural. Torres *et al.* (2009) manifiesta que los pastos C4 como el kikuyo tienen mayor efecto en el crecimiento que las plantas C3 como el

rye grass cuando se encuentran bajo sombra. También se supone un aumento en la materia seca en las plantas C4. Además, se ha encontrado que ha menor sombra y baja precipitación se incrementa la producción de forraje verde y seco. Peri *et al.* (2007) manifiesta que a medida que se incrementa la sombra la materia seca decrece notablemente en *Dactylis glomerata*. En este caso observamos que el kikuyo decrece la producción de materia seca cuando tiene un 80% de sombra, alcanzando una producción mayor a 50% de sombra.

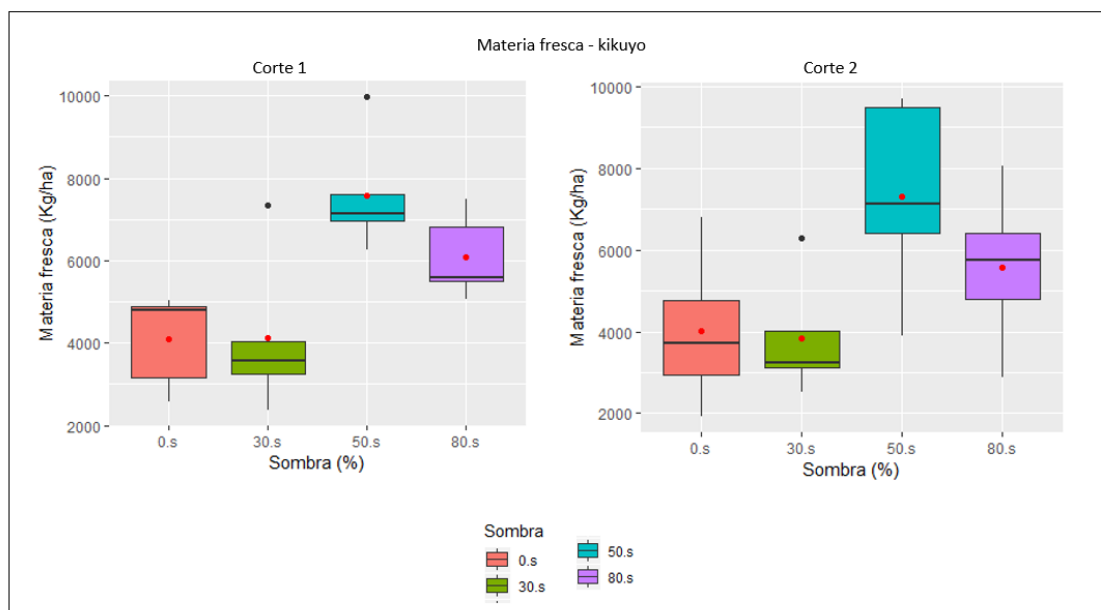


Figura 11. Materia fresca del kikuyo con diferentes niveles de sombra en los cortes 1 y 2.

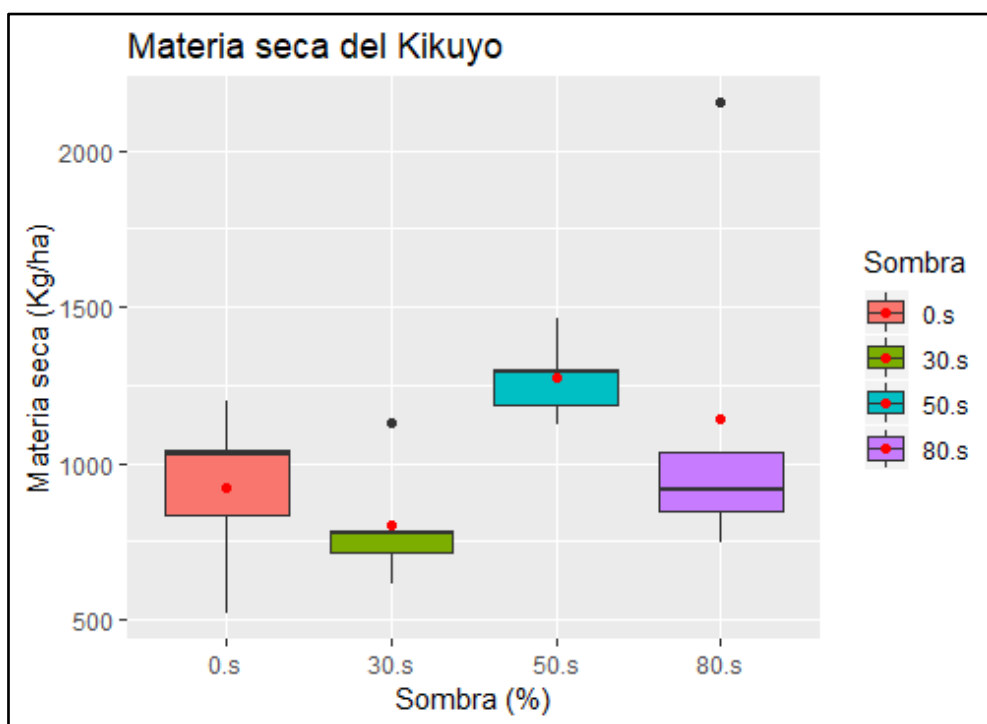


Figura 12. Materia seca del kikuyo con diferentes niveles de sombra en el corte 1.

6.1.3. Efecto de la interacción de la sombra-exclusión de lluvia en el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Los resultados en kikuyo para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables, materia fresca y materia seca para el corte 1, se describen en la Tabla 15.



Tabla 15. *Análisis de las variables paramétricas en kikuyo en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.*

Variable	Sombra x Exclusión de lluvia	
	Materia fresca	Materia seca
CORTE 1	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
T1	4095.3 \pm 146.7	924.6 \pm 33.58
T2	6091.4 \pm 130.94	1139.3 \pm 74.46
T3	7591.5 \pm 183.13	1272 \pm 16.72
T4	4113.9 \pm 245.93	803.9 \pm 25.27
T5	2341.7 \pm 48.22	569.4 \pm 8.54
T6	8957.6 \pm 465.67	1234.3 \pm 75.26
T7	5114.9 \pm 168.42	809.2 \pm 29.82
T8	5120.3 \pm 325.71	927.6 \pm 47.71
T9	3268.7 \pm 147.8	754.6 \pm 31.12
T10	7199.3 \pm 288.77	1010.0 \pm 43.61
T11	6287.7 \pm 272.63	1029.6 \pm 33.30
T12	4621.4 \pm 281.02	967.4 \pm 44.15
Valor P	ns	ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el kikuyo en el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables, número de hojas, número de brotes, área foliar específica, materia fresca y materia seca para el corte 2, se describen en la Tabla 16.



Tabla 16. Análisis de las variables paramétricas en kikuyo en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.

Sombra x Exclusión de lluvia					
Variable	Número de hojas	Número de brotes	Área foliar específica	Materia fresca	Materia seca
CORTE 2	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
T1	6.1 \pm 0.10	1.1 \pm 0.06	184.0 \pm 3.29	4030.8 \pm 241.0	1055.5 \pm 59.44
T2	6.7 \pm 0.06	0.7 \pm 0.06	260.6 \pm 3.22	5573.8 \pm 247.33	1181.84 \pm 53.17
T3	6.9 \pm 0.08	0.4 \pm 0.06	246.89 \pm 7.63	7317.5 \pm 309.47	1441.2 \pm 34.69
T4	6.7 \pm 0.122	1.3 \pm 0.08	207.6 \pm 5.19	3839.3 \pm 190.25	993.0 \pm 26.38
T5	6.1 \pm 0.07	1.1 \pm 0.06	204.6 \pm 4.71	3524.8 \pm 286.9	869.4 \pm 55.04
T6	7.2 \pm 0.07	1.3 \pm 0.09	284.5 \pm 6.12	6634.6 \pm 372.44	1076.9 \pm 42.15
T7	7.2 \pm 0.08	1.3 \pm 0.06	230.7 \pm 5.29	4994.6 \pm 361.77	960.3 \pm 43.58
T8	7.33 \pm 0.10	1.3 \pm 0.12	216.5 \pm 6.98	4580.1 \pm 307.93	957.8 \pm 44.81
T9	6.3 \pm 0.04	1.5 \pm 0.10	192.4 \pm 2.54	3421.4 \pm 167.55	926.72 \pm 40.86
T10	6.8 \pm 0.12	1.1 \pm 0.06	295.7 \pm 4.92	6878.7 \pm 374.68	1140.5 \pm 43.72
T11	6.6 \pm 0.10	1.0 \pm 0.05	248.2 \pm 4.07	4302.3 \pm 321.56	881.7 \pm 52.60
T12	6.7 \pm 0.08	1.7 \pm 0.04	193.5 \pm 3.63	4291.3 \pm 326.45	986.7 \pm 48.98
Valor P	ns	ns	ns	ns	ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), área foliar específica (cm²/g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para kikuyo en el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables, número de hojas, número de brotes y relación hoja/tallo, para el corte 3, se describen en la Tabla 17.



Tabla 17. *Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x*

Variable	Sombra x Exclusión de lluvia		
	Número de hojas	Número de brotes	Relación hoja/tallo
CORTE 3	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
T1	6.5 ± 0.09	1.7 ± 0.13	1.0 ± 0.04
T2	6.1 ± 0.06	1.3 ± 0.08	1.4 ± 0.03
T3	6.5 ± 0.06	1.9 ± 0.08	1.2 ± 0.03
T4	6.3 ± 0.08	2.0 ± 0.10	1.2 ± 0.02
T5	5.5 ± 0.15	2.0 ± 0.11	0.9 ± 0.04
T6	6.3 ± 0.12	1.3 ± 0.03	1.8 ± 0.08
T7	6.0 ± 0.06	1.6 ± 0.10	1.2 ± 0.03
T8	6.1 ± 0.12	1.7 ± 0.08	1.3 ± 0.03
T9	5.3 ± 0.06	1.1 ± 0.08	1.0 ± 0.01
T10	5.7 ± 0.09	1.1 ± 0.06	1.5 ± 0.04
T11	6.1 ± 0.13	1.6 ± 0.01	1.2 ± 0.04
T12	5.5 ± 0.13	1.3 ± 0.11	1.2 ± 0.02
Valor P	ns	ns	ns

exclusión de lluvia en el corte 3.

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), relación hoja/tallo (g).

Los resultados para kikuyo en el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables no normales, altura, número de hojas, número de brotes, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho y relación hoja/tallo, para el corte 1, se describen en la Tabla 18.



Tabla 18. *Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.*

Variable CORTE 1	Altura	Número de hojas	Número de brotes	Sombra x Exclusión de lluvia			
				Área foliar	Área foliar específica	Relación largo/ancho	Relación hoja/tallo
				Mediana			
T1	1.8	6.7	1.3	6.3	215.8	15.1	0.6
T2	4.4	6.0	1.0	16.0	292.0	42.8	1.9
T3	3.2	6.0	0.3	11.6	260.3	38.3	1.7
T4	2.1	6.3	2.0	9.4	190.6	23.6	1.4
T5	1.5	6.3	2.3	6.9	146.1	14.7	1.1
T6	4.7	6.0	0.7	11.8	268.2	63.0	1.2
T7	3.3	6.3	1.0	11.8	221.2	23.6	1.4
T8	2.0	6.3	1.7	10.9	237.3	24.0	1.4
T9	2.0	6.3	2.3	9.0	167.1	22.0	1.1
T10	6.7	6.7	1.3	23.0	284.0	60.8	1.7
T11	4.4	6.3	1.3	17.4	246.1	43.9	1.3
T12	2.1	6.0	1.3	6.2	165.5	26.6	1.4
Valor P	*	ns	**	**	**	*	**

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: *.Significativo, **.Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), número de hojas (unidad), número de brotes (unidad), área foliar (cm²), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g).

Los resultados para kikuyo en el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables no normales, altura, área foliar, relación largo/ancho y relación hoja/tallo para el corte 2, se describen en la Tabla 19.

Tabla 19. *Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.*

Variable CORTE 2	Altura	Sombra x Exclusión de lluvia		
		Área foliar	Relación largo/ancho	Relación hoja/tallo
		Mediana		
T1	2.0	4.5	13.0	0.9
T2	4.5	12.4	31.2	1.5
T3	4.1	17.7	34.3	1.3
T4	2.7	6.9	17.3	0.8
T5	2.0	5.2	15.3	0.7
T6	5.5	21.2	40.2	1.6
T7	3.5	13.6	21.9	1.1
T8	3.3	9.7	18.8	1.0
T9	2.1	6.5	14.5	1.0
T10	6.1	19.0	42.4	1.6
T11	3.3	14.0	23.0	1.2
T12	2.3	7.6	18.9	1.0
Valor P	ns	**	**	**

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: **.Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), área foliar (cm²), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g).



Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hojas, número de macollos, área foliar, área foliar específica, materia fresca, materia seca relación largo/ancho, relación hoja/tallo, para el corte 3, se describen en la Tabla 20

Tabla 20. *Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.*

Sombra x Exclusión de lluvia						
Variable	Altura	Área foliar	Área foliar específica	Relación largo/ancho	Materia fresca	Materia seca
CORTE 3						
			Mediana			
T1	2.0	8.8	180.9	17.1	1770.8	517.6
T2	3.4	16.1	228.4	29.1	1510.4	377.6
T3	5.0	18.0	247.8	28.9	3705.2	895.2
T4	2.3	7.0	182.6	16.4	1955.6	587.2
T5	2.0	6.1	202.8	12.6	1736.4	841.2
T6	7.1	31.2	239.8	46.4	3304.0	658.8
T7	3.1	8.9	201.8	22.8	1961.6	580.8
T8	2.5	9.0	191.0	18.6	1364.8	367.6
T9	1.7	4.9	206.6	14.0	1861.6	642.0
T10	6.2	23.5	249.3	47.8	1914.0	510.0
T11	3.1	12.4	230.4	25.2	1296.0	278.8
T12	2.0	9.1	211.2	17.2	1643.2	438.8
Valor P	**	**	*	**	ns	ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: *.Significativo, **.Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

En el caso de la altura del kikuyo en el efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia se han encontrado diferencias significativas en el corte 1 y 3. Y en el corte 2 no se observó diferencias significativas (Tabla 18, 19 y 20). En el corte 1 se encontraron las siguientes alturas: T1₍₀₋₀₎ = 1.8 cm, T2₍₈₀₋₀₎ = 4.4 cm, T3₍₅₀₋₀₎ = 3.2 cm, T4₍₃₀₋₀₎ = 2.1 cm, T5₍₀₋₂₅₎ = 1.5 cm, T6₍₈₀₋₂₅₎ = 4.7 cm, T7₍₅₀₋₂₅₎ = 3.3 cm, T8₍₃₀₋₂₅₎ = 2.0 cm, T9₍₀₋₅₀₎ = 2.0 cm, T10₍₀₋₈₀₎ = 6.7 cm, T11₍₅₀₋₅₀₎ = 4.4 cm, T12₍₃₀₋₅₀₎ = 2.1 cm; siendo las alturas mayores con una interacción de 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 6.67cm, seguido de las interacciones 80% sombra -25% exclusión de lluvia (T6) con 4.73cm. 80% sombra -0% exclusión de lluvia (T2) con 4.43cm, 50% sombra -50% exclusión de lluvia (T2) con 4.37cm. En el corte 3, se registraron las siguientes alturas:



$T1_{(0-0)} = 2.0$ cm, $T2_{(80-0)} = 3.4$ cm, $T3_{(50-0)} = 5.0$ cm, $T4_{(30-0)} = 2.3$ cm, $T5_{(0-25)} = 2.0$ cm, $T6_{(80-25)} = 7.1$ cm, $T7_{(50-25)} = 3.1$ cm, $T8_{(30-25)} = 2.5$ cm, $T9_{(0-50)} = 1.7$ cm, $T10_{(0-80)} = 6.2$ cm, $T11_{(50-50)} = 3.1$ cm, $T12_{(30-50)} = 2.0$ cm; las diferencias se observaron en las interacciones de 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 6.17 cm, 80% sombra -25% exclusión de lluvia (T6) con 4.73, 50% sombra -50% exclusión de lluvia (T2) con 4.43 cm. Los resultados son similares en los cortes 1 y 3 (Figura 13).

Se observa influencia de la sombra principalmente para el crecimiento de la planta, mientras que los niveles de exclusión de lluvia tienen un ligero impacto en el crecimiento. España (2017) durante su estudio de evaluación de praderas encontró una altura del kikuyo de 23.67 cm en condiciones medioambientales de luz y precipitación sin alteración. El crecimiento del pasto se relaciona con la producción de materia fresca y seca. Márquez (2014) señala que los pastos son favorecidos por la sombra en períodos de sequía ya que ayuda a contener la humedad en el suelo, obteniendo alturas menores en los pastos que se encuentran a pleno sol. La investigación hecha por Peri *et al.* (2007) en *Dactylis glomerata* manifiesta que en épocas de lluvia la producción de materia seca de los pastos estuvo limitada principalmente por las bajas temperaturas y en condiciones secas al estrés hídrico del suelo; y la sombra ayuda a regular la humedad del suelo.

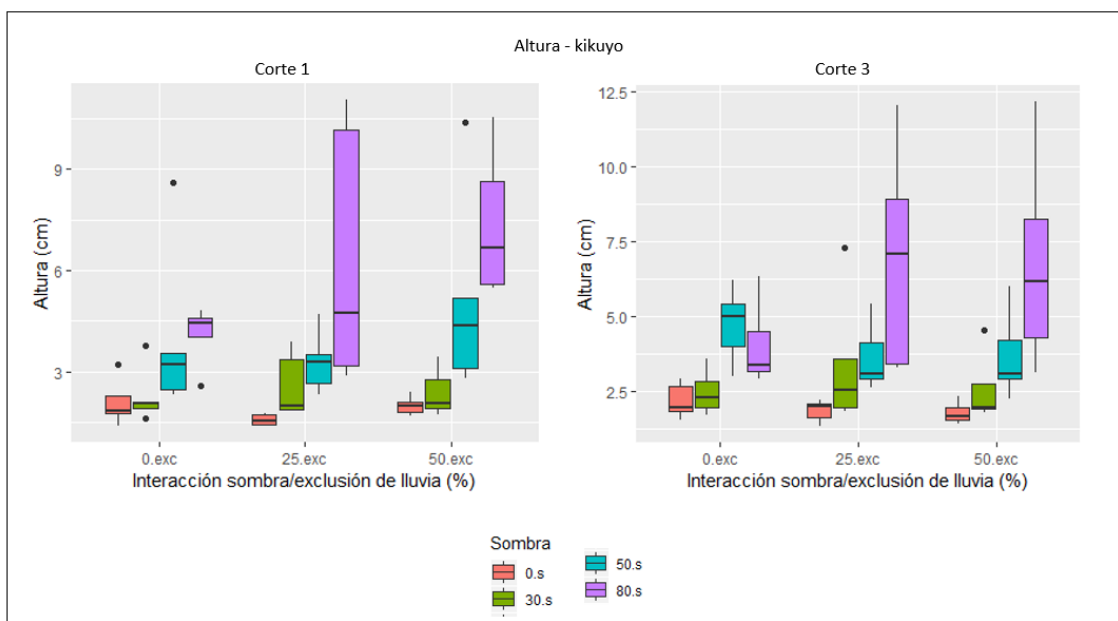


Figura 13. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en la altura del kikuyo en el corte 1 y 3.

Para el número de hojas y número de brotes del kikuyo. No se han encontrado diferencias significativas en los tres cortes en el número de hojas (Tabla 16, 17 y 18). Se han encontrado diferencias significativas para el número de brotes en el kikuyo en el corte 1 (Figura 14). El número de brotes registrados fueron: $T1_{(0-0)} = 1.3$, $T2_{(80-0)} = 1.0$, $T3_{(50-0)} = 0.3$, $T4_{(30-0)} = 2.0$, $T5_{(0-25)} = 2.3$, $T6_{(80-25)} = 0.7$, $T7_{(50-25)} = 1.0$, $T8_{(30-25)} = 1.7$, $T9_{(0-50)} = 2.3$, $T10_{(0-80)} = 1.3$, $T11_{(50-50)} = 1.3$, $T12_{(30-50)} = 1.3$; hubo un mayor número de brotes en los tratamientos: 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) y 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 2.33 brotes, 30% sombra- 25% exclusión de lluvia (T8) con 1.67 brotes, 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1), 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10), 50% sombra- 50% exclusión de lluvia (T11), 30% sombra- 50% exclusión de lluvia (T12) con 1.33 brotes (Figura 14). No hubo diferencias significativas en los cortes 2 y 3. (Tabla 4 y 5).

El número de hojas del kikuyo varió entre 5 – 7 hojas por tallo, siendo estadísticamente no significativo pues se observa que en el número de hojas no hay gran diferencia entre los tratamientos. Williams (2006) encontró que para tener una mayor producción de leche en ganado lechero es recomendable pastorear el kikuyo cuando los tallos alcancen un número de hoja de 4 o 5 para evitar un exceso de acumulación de tallos en los potreros.



En el número de brotes en kikuyo se observó un mayor número de brotes en aquellos tratamientos que se encontraban a pleno sol y sin exclusión de lluvia y los tratamientos con mayor cantidad de sombra independientemente del nivel de exclusión de lluvia obtenían el menor número de brotes. Camargo *et al.* (2014) manifiesta que la sombra aplicada por un sistema silvopastoril en los pastos se ven afectados debido a que los tallos se alargan por el efecto de etiolación, una rápida expansión de las hojas y una menor producción de brotes, lo que hacen que los pastos obtengan una buena producción. Márquez (2014) manifiesta que el número de brotes por el nivel de luminosidad existente para su desarrollo ya que a mayor sombra se reduce el número de brotes debido a que este fenómeno está relacionado con las sustancias reguladoras de crecimiento que promueven la elongación del tallo y la inhibición de las yemas laterales. Según Alonso *et al.* (2006) indica que, cuando los pastos se asocian con sombra pueden ocurrir cambios en la morfología de la planta; relacionado directamente con la altura, el número de macollos. Los cambios pueden ser positivas o negativas, en función de los niveles de sombra que se alcancen. En el kikuyo se ha observado menor número de brotes a mayor porcentaje de sombra.

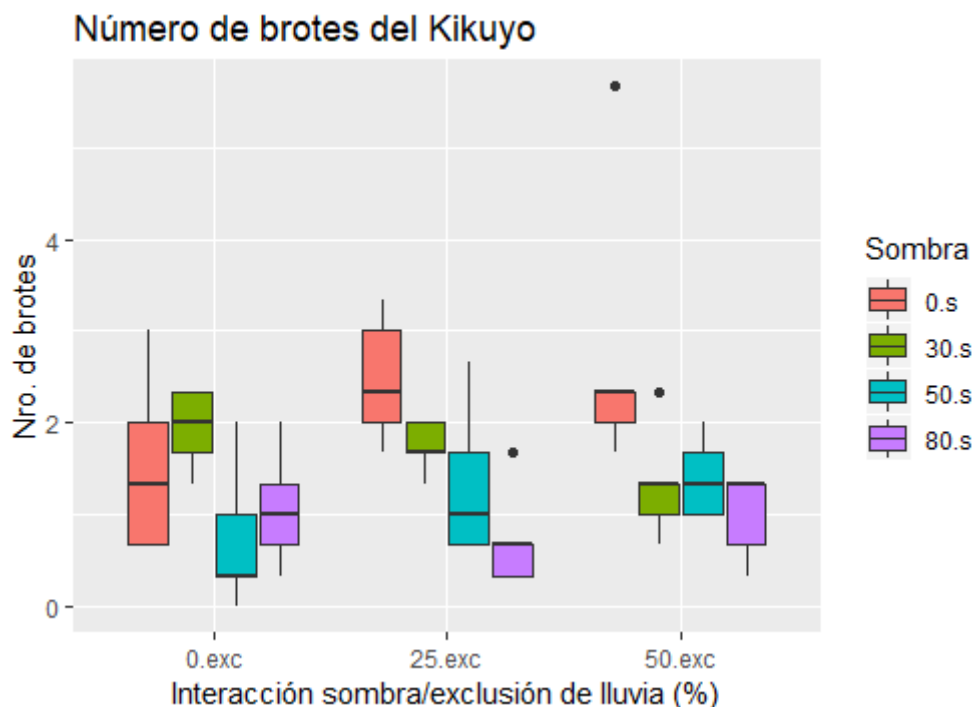


Figura 14. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en número de brotes del kikuyo en el corte 1.

En el caso del área foliar para kikuyo se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 18, 19 y 20). En el corte 1 se obtuvieron los siguientes datos: $T1_{(0-0)} = 6.3 \text{ cm}^2$, $T2_{(80-0)} = 16.0 \text{ cm}^2$, $T3_{(50-0)} = 11.6 \text{ cm}^2$, $T4_{(30-0)} = 9.4 \text{ cm}^2$, $T5_{(0-25)} = 6.9 \text{ cm}^2$, $T6_{(80-25)} = 11.8 \text{ cm}^2$, $T7_{(50-25)} = 11.8 \text{ cm}^2$, $T8_{(30-25)} = 10.9 \text{ cm}^2$, $T9_{(0-50)} = 9.0 \text{ cm}^2$, $T10_{(0-80)} = 23.0 \text{ cm}^2$, $T11_{(50-50)} = 17.4 \text{ cm}^2$, $T12_{(30-50)} = 6.2 \text{ cm}^2$; hubo una mayor área foliar en los tratamientos: 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 23.01 cm^2 , 50% sombra- 50% exclusión de lluvia (T11) con 17.43 cm^2 , 80% sombra- 0% exclusión de lluvia (T2) con 16.03 cm^2 . Los tratamientos que tuvieron menor área foliar fueron: 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1) con 6.26 cm^2 , 30% sombra- 50% exclusión de lluvia (T12) con 6.24 cm^2 y 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 6.87 cm^2 . En el corte 2 los resultados obtenidos fueron: $T1_{(0-0)} = 4.5 \text{ cm}^2$, $T2_{(80-0)} = 12.4 \text{ cm}^2$, $T3_{(50-0)} = 17.7 \text{ cm}^2$, $T4_{(30-0)} = 6.9 \text{ cm}^2$, $T5_{(0-25)} = 5.2 \text{ cm}^2$, $T6_{(80-25)} = 21.2 \text{ cm}^2$, $T7_{(50-25)} = 13.6 \text{ cm}^2$, $T8_{(30-25)} = 9.7 \text{ cm}^2$, $T9_{(0-50)} = 6.5 \text{ cm}^2$, $T10_{(0-80)} = 19.0 \text{ cm}^2$, $T11_{(50-50)} = 14.0 \text{ cm}^2$, $T12_{(30-50)} = 7.6 \text{ cm}^2$; la mayor área foliar alcanzaron los tratamientos: 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con 21.17 cm^2 , 50% sombra- 0% exclusión de lluvia (T3) con 17.69 cm^2 , 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 19.04 cm^2 . Los tratamientos con menor área foliar fueron: 0% sombra- 0%



exclusión de lluvia (T1) con 4.47 cm^2 , 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 5.23 cm^2 y 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) con 6.46 cm^2 . Los resultados en el corte 3 fueron: $T1_{(0-0)} = 8.8 \text{ cm}^2$, $T2_{(80-0)} = 16.1 \text{ cm}^2$, $T3_{(50-0)} = 18.0 \text{ cm}^2$, $T4_{(30-0)} = 7.0 \text{ cm}^2$, $T5_{(0-25)} = 6.1 \text{ cm}^2$, $T6_{(80-25)} = 31.2 \text{ cm}^2$, $T7_{(50-25)} = 8.9 \text{ cm}^2$, $T8_{(30-25)} = 9.0 \text{ cm}^2$, $T9_{(0-50)} = 4.9 \text{ cm}^2$, $T10_{(0-80)} = 23.5 \text{ cm}^2$, $T11_{(50-50)} = 12.4 \text{ cm}^2$, $T12_{(30-50)} = 9.1 \text{ cm}^2$; para los tratamientos con mayor área foliar fueron: 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con 31.21 cm^2 , 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 23.45 cm^2 , 50% sombra- 0% exclusión de lluvia (T3) con 18.00 cm^2 , 80% sombra- 0% exclusión de lluvia (T2) con 16.07 cm^2 y los de menor área foliar fueron: 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) con 4.93 cm^2 , 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 6.13 cm^2 , 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1) con 8.83 cm^2 (Figura 15).

El área foliar para kikuyo se encontraron diferencias significativas en el cual tuvo efecto positivo en el área foliar con sombra y exclusión de lluvia. Esto se debe que se encuentra mayor área foliar a medida que se incrementa el número de rebrotes llegando a un punto en que el área foliar impide el desarrollo de nuevos por la dificultad de penetrar luz en los estratos inferiores (Rodríguez *et al.*, 2011). Morais *et al.* (2014) manifiesta que la sombra puede proporcionar un aumento de la producción de los pastos cuando la densidad silvopastoril es baja y fertilización media esto por la presencia del ambiente modificado que produce el componente arbóreo ayudando mantener una condición hídrica favorable a los pastos. Márquez (2014) encontró que en condiciones de menor luminosidad fue favorecido debido a que las hojas obtuvieron un largo y ancho mayores que los pastos a pleno sol esto ayuda a que la planta obtenga una mayor área fotosintéticamente activa de esta manera aprovecha las condiciones de la sombra de forma eficiente en períodos de sequía.

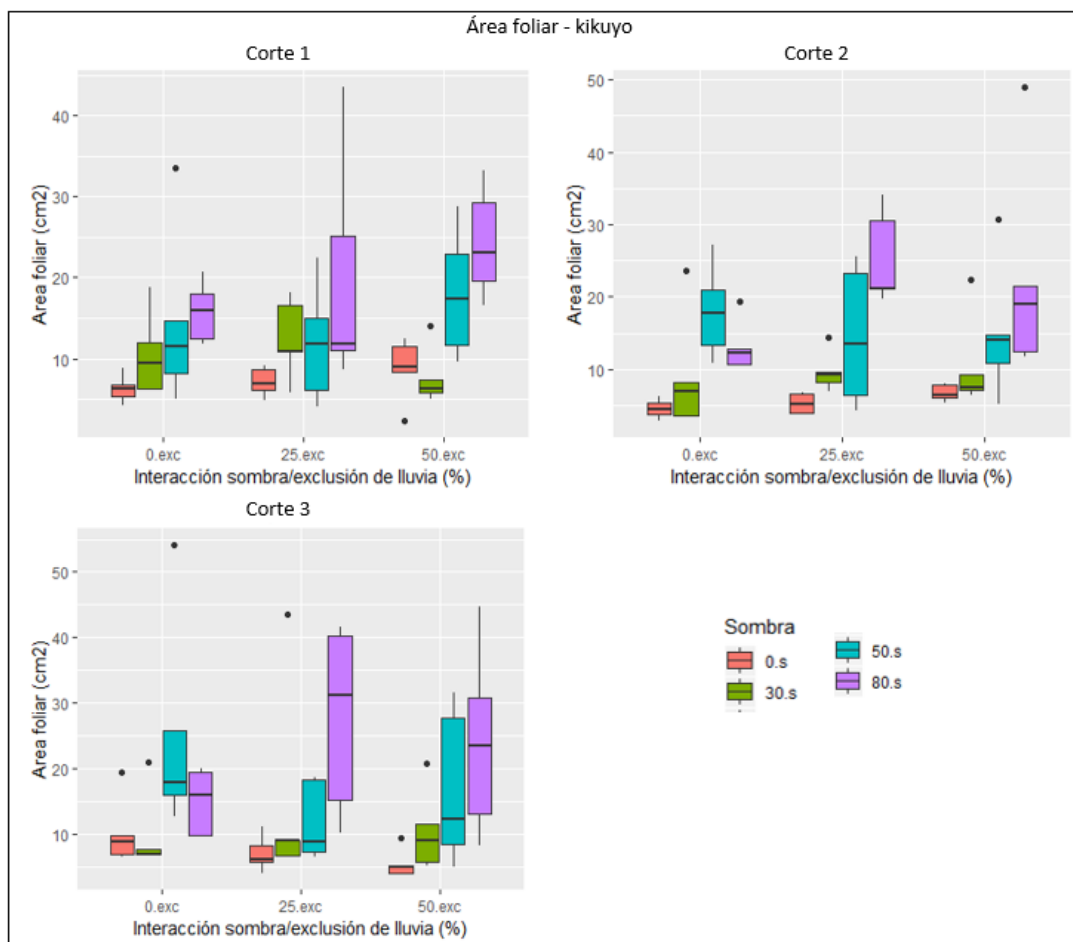


Figura 15. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en el área foliar del kikuyo en los cortes 1, 2 y 3.

El análisis del área foliar específica muestra que se encontraron diferencias significativas en el kikuyo en los cortes 1 y 3 no hubo diferencias significativas en el corte 2 (Tabla 16, 18 y 20). Los resultados en el corte 1 fueron: $T1_{(0-0)} = 215.8 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T2_{(80-0)} = 292.0 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T3_{(50-0)} = 260.3 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T4_{(30-0)} = 190.6 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T5_{(0-25)} = 146.1 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T6_{(80-25)} = 268.2 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T7_{(50-25)} = 221.2 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T8_{(30-25)} = 237.3 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T9_{(0-50)} = 167.1 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T10_{(0-80)} = 284.0 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T11_{(50-50)} = 246.1 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T12_{(30-50)} = 165.5 \text{ cm}^2/\text{g}$; para los tratamientos con mayor área foliar específica fueron: 80% sombra- 0% exclusión de lluvia (T2) con $292.01 \text{ cm}^2/\text{g}$, 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con $283.98 \text{ cm}^2/\text{g}$, 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con $268.23 \text{ cm}^2/\text{g}$. Los tratamientos con menor área foliar específica fueron 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con $146.07 \text{ cm}^2/\text{g}$, 30% sombra- 50% exclusión de lluvia (T12) con $165.48 \text{ cm}^2/\text{g}$, 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) con $167.13 \text{ cm}^2/\text{g}$. Para el corte 3 se registraron los siguientes datos: : $T1_{(0-0)} = 180.9 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T2_{(80-0)} = 228.4 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T3_{(50-0)} = 247.8 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T4_{(30-0)} = 182.6 \text{ cm}^2/\text{g}$,



$T5_{(0-25)} = 202.8 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T6_{(80-25)} = 239.8 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T7_{(50-25)} = 201.8 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T8_{(30-25)} = 191.0 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T9_{(0-50)} = 206.6 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T10_{(0-80)} = 249.3 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T11_{(50-50)} = 230.4 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T12_{(30-50)} = 211.2 \text{ cm}^2/\text{g}$; los tratamientos con mayor área foliar específica fueron: 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con $249.33 \text{ cm}^2/\text{g}$; 50% sombra- 0% exclusión de lluvia (T3) con $247.76 \text{ cm}^2/\text{g}$, 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con $239.80 \text{ cm}^2/\text{g}$, los tratamientos que tuvieron menor área foliar específica fueron: 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1) con $180.86 \text{ cm}^2/\text{g}$, 30% sombra- 0% exclusión de lluvia (T4) con $182.63 \text{ cm}^2/\text{g}$, 30% sombra- 25% exclusión de lluvia (T8) con $191.01 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Figura 16).

El análisis del área foliar específica muestra que se encontraron efectos positivos en el kikuyo con las interacciones de al 50% y 80% sombra con los niveles de exclusión de lluvia (España, 2017) manifiesta que el kikuyo es susceptible a la sombra y tolera la sequía. Al parecer ésta es la razón por la cual observamos que los niveles de exclusión de lluvia tienen resultados indiferentes, mientras que los resultados para los niveles de exclusión de sombra afectan al área foliar específica. Baldissera *et al.* (2014) manifiesta que el sombreado del sistema silvopastoril con Eucalipto (*Eucaliptus globulus*) produce un efecto en la altura de los pastos por la influencia de la calidad de luz que influencia en el crecimiento y desenvolvimiento de los pastos en la elevación de los tallos, alteración del área foliar específica y la longitud de las hojas.

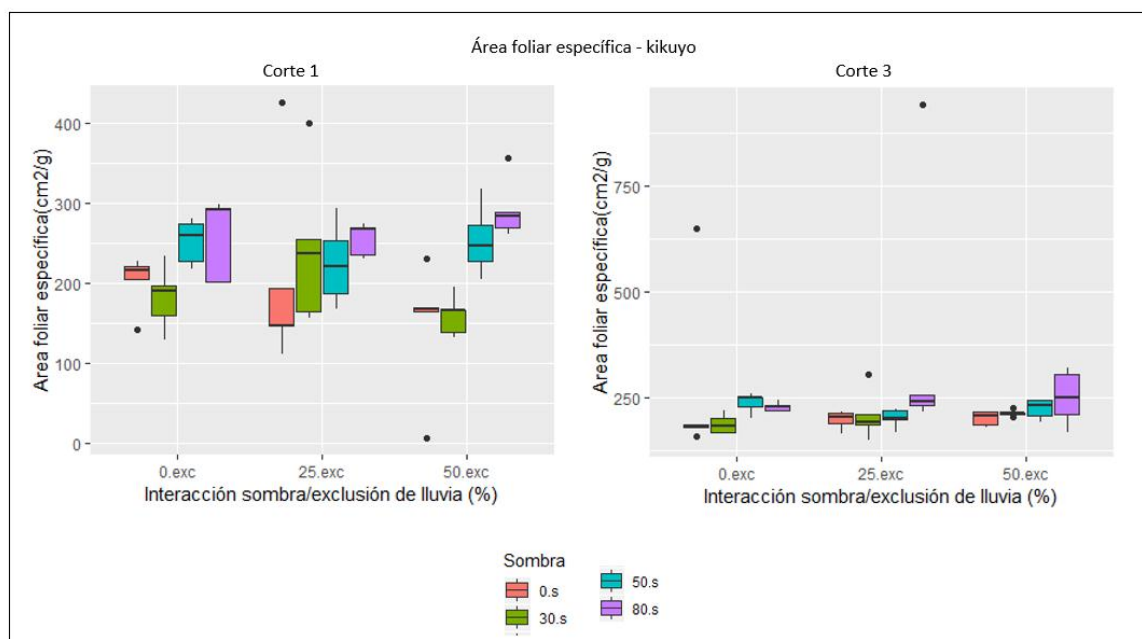


Figura 16. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en el área foliar específica del kikuyo en los cortes 1 y 3.

La relación largo ancho de la hoja en el kikuyo se obtuvo diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 18, 19 y 20). Los resultados en el corte 1 fueron: $T1_{(0-0)} = 15.1$ cm, $T2_{(80-0)} = 42.8$ cm, $T3_{(50-0)} = 38.3$ cm, $T4_{(30-0)} = 23.6$ cm, $T5_{(0-25)} = 14.7$ cm, $T6_{(80-25)} = 63.0$ cm, $T7_{(50-25)} = 23.6$ cm, $T8_{(30-25)} = 24.0$ cm, $T9_{(0-50)} = 22.0$ cm, $T10_{(0-80)} = 60.8$ cm, $T11_{(50-50)} = 43.9$ cm, $T12_{(30-50)} = 26.6$ cm; los tratamientos con mayor relación largo/ancho de la hoja fueron: 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con 63.04cm, 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 60.82cm. Los tratamientos con menor relación largo/ancho de la hoja fueron 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 14.66 cm, 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1) con 15.10 cm. Los resultados en el corte 2 se registraron los siguientes datos: $T1_{(0-0)} = 13.0$ cm, $T2_{(80-0)} = 31.2$ cm, $T3_{(50-0)} = 34.3$ cm, $T4_{(30-0)} = 17.3$ cm, $T5_{(0-25)} = 15.3$ cm, $T6_{(80-25)} = 40.2$ cm, $T7_{(50-25)} = 21.9$ cm, $T8_{(30-25)} = 18.8$ cm, $T9_{(0-50)} = 14.5$ cm, $T10_{(0-80)} = 42.4$ cm, $T11_{(50-50)} = 23.0$ cm, $T12_{(30-50)} = 18.9$ cm; los tratamientos con mayor relación largo/ancho de la hoja fueron: 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con 40.20cm, 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 42.39cm. Los tratamientos con menor relación largo/ancho de la hoja fueron 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1) con 12.96 cm, 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) con 14.50 cm.



Los resultados en el corte 3 fueron: $T1_{(0-0)} = 17.1$ cm, $T2_{(80-0)} = 29.1$ cm, $T3_{(50-0)} = 28.9$ cm, $T4_{(30-0)} = 16.4$ cm, $T5_{(0-25)} = 12.6$ cm, $T6_{(80-25)} = 46.4$ cm, $T7_{(50-25)} = 22.8$ cm, $T8_{(30-25)} = 18.6$ cm, $T9_{(0-50)} = 14.0$ cm, $T10_{(0-80)} = 47.8$ cm, $T11_{(50-50)} = 25.2$ cm, $T12_{(30-50)} = 17.2$ cm: los tratamientos con mayor relación largo/ancho de la hoja fueron: sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 47.81cm, 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6) con 46.35cm, 80%. Los tratamientos con menor relación largo/ancho de la hoja fueron 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 12.61 cm, 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) con 14.01 cm (Figura 17).

La relación largo ancho de la hoja en el kikuyo se obtuvo efectos marcados por la sombra resultando indiferente los niveles de exclusión de lluvia en esta variable. Rodríguez *et al.* (2011) manifiesta que la elongación foliar está muy relacionado con los factores ambientales como la intensidad lumínica y el agua que disponen los pastos siendo para ellos el agua el principal determinante de la longitud de las hojas en *D. aristatum*, *C. nlefluencis* y *B. mutica*. En esta investigación observamos que la sombra está relacionada con la relación largo/ancho de las hojas del kikuyo. Carbonieri *et al.* (2014) manifiesta que los árboles proporcionan sombra creando un microclima para las pasturas y promoviendo la mantención de los forrajes verdes. Márquez (2014) señala que el largo y ancho de la hoja fue favorecida por menor luminosidad en época seca en los pastos, mientras que a pleno sol la hoja desarrolló menos tanto en el largo, así como en el ancho de la hoja los pastos.

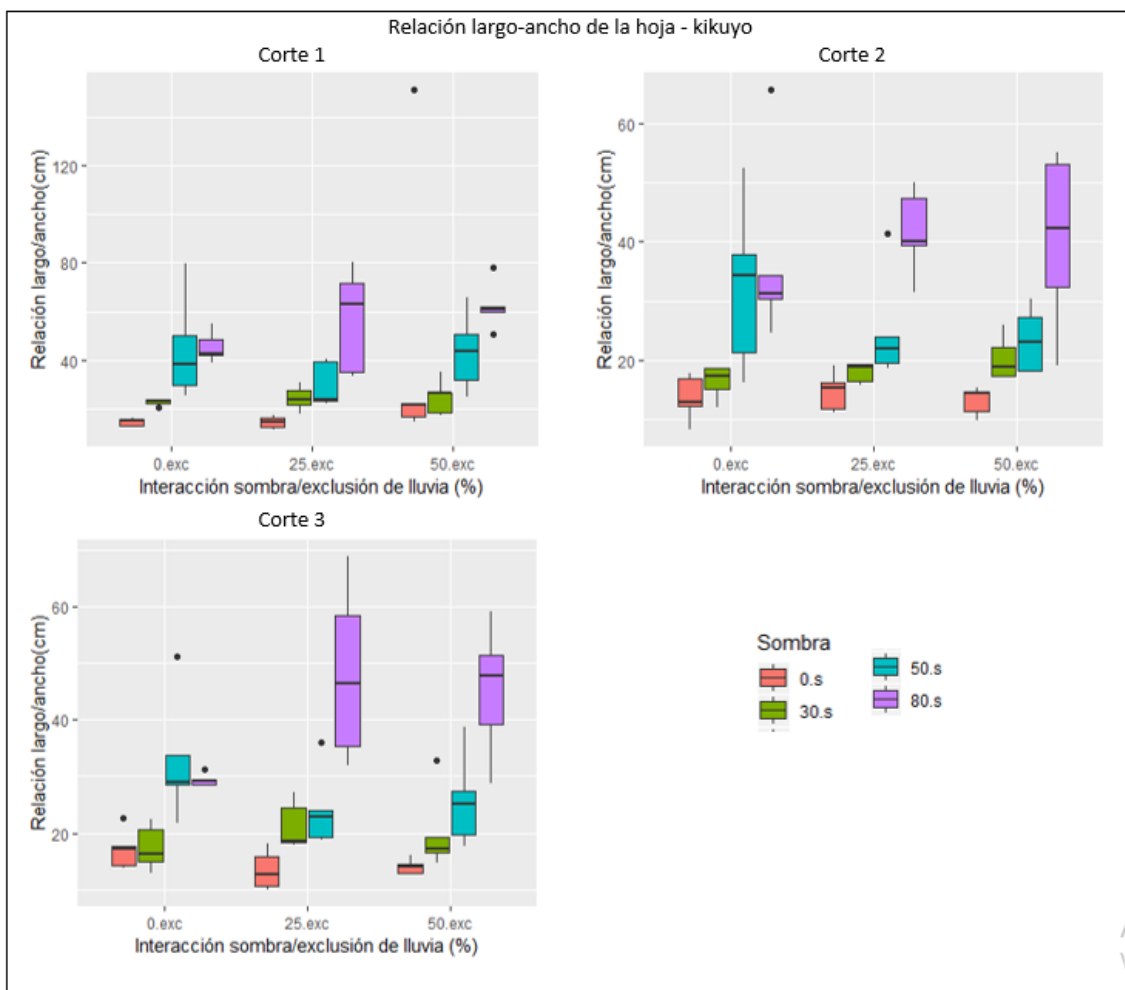


Figura 17. Efecto de la interacción de la sombra – exclusión de lluvia en la relación largo/anchura de la hoja del kikuyo en los cortes 1, 2 y 3.

La relación hoja/tallo del kikuyo resultó ser altamente significativo en los cortes 1 y 2; mientras en el corte 3 no se obtuvieron diferencias significativas. (Tabla 17, 18 y 19). Los resultados en el corte 1 fueron: $T1_{(0-0)} = 0.6$ g, $T2_{(80-0)} = 1.9$ g, $T3_{(50-0)} = 1.7$ g, $T4_{(30-0)} = 1.4$ g, $T5_{(0-25)} = 1.1$ g, $T6_{(80-25)} = 1.2$ g, $T7_{(50-25)} = 1.4$ g, $T8_{(30-25)} = 1.4$ g, $T9_{(0-50)} = 1.1$ g, $T10_{(0-80)} = 1.7$ g, $T11_{(50-50)} = 1.3$ g, $T12_{(30-50)} = 1.4$ g; los tratamientos con mayor relación hoja/tallo fueron: 80% sombra- 0% exclusión de lluvia (T2) con 1.73g, 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 1.73g. Los tratamientos con menor relación hoja/tallo fueron 0% sombra- 0% exclusión de lluvia (T1) con 0.66g, 0% sombra- 50% exclusión de lluvia (T9) con 1.08g. Los resultados en el corte 2 fueron: $T1_{(0-0)} = 0.9$ g, $T2_{(80-0)} = 1.5$ g, $T3_{(50-0)} = 1.3$ g, $T4_{(30-0)} = 0.8$ g, $T5_{(0-25)} = 0.7$ g, $T6_{(80-25)} = 1.6$ g, $T7_{(50-25)} = 1.1$ g, $T8_{(30-25)} = 1.0$ g, $T9_{(0-50)} = 1.0$ g, $T10_{(0-80)} = 1.6$ g, $T11_{(50-50)} = 1.2$ g, $T12_{(30-50)} = 1.0$ g; los tratamientos con mayor relación hoja/tallo fueron: 80% sombra- 25% exclusión de lluvia (T6)

con 1.58g, 80% sombra- 50% exclusión de lluvia (T10) con 1.57g. Los tratamientos con menor relación hoja/tallo fueron 0% sombra- 25% exclusión de lluvia (T5) con 0.73g, 30% sombra- 0% exclusión de lluvia (T4) con 0.77g (Figura 18).

La relación hoja/tallo del kikuyo obtuvo efectos significativos diferenciados por la sombra y resultando indiferente a la exclusión de lluvia. Según Echeverri *et al.* (2010) donde realizó una investigación en kikuyo aplicando fertilizante y abono orgánico obtuvo una menor variación en la relación hoja/tallo debido a que hay factores medioambientales que afectan a tales características.

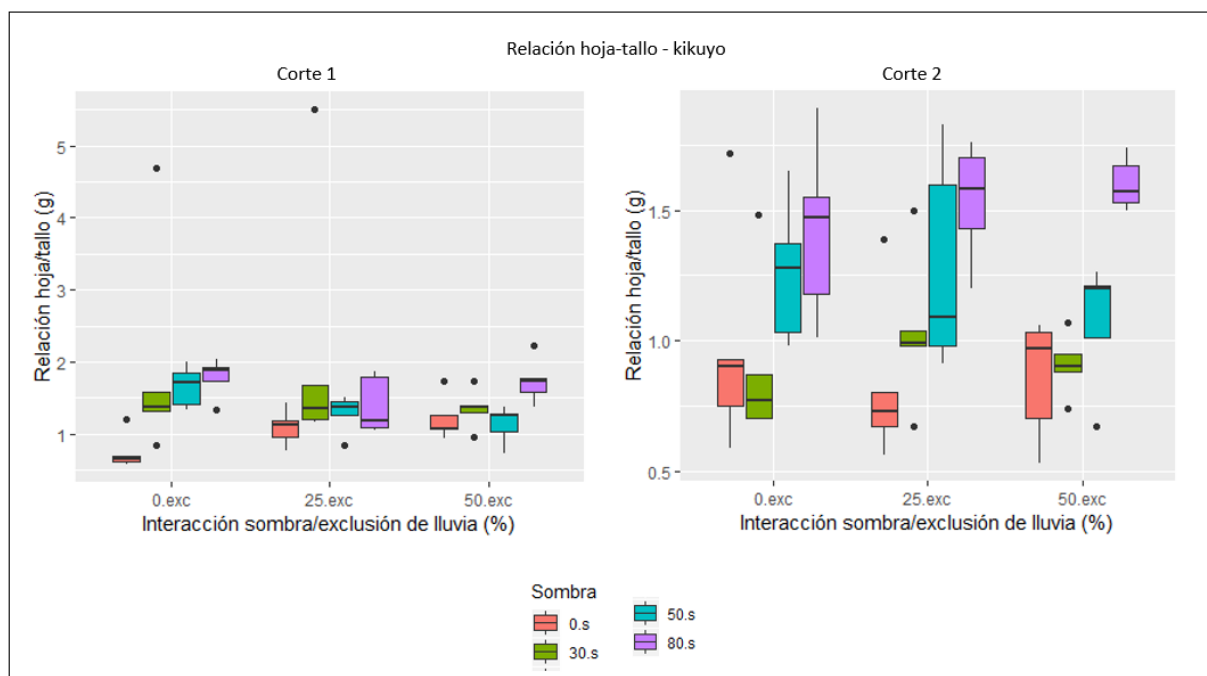


Figura 18. Relación hoja/tallo del kikuyo con diferentes niveles de interacción sombra- exclusión de lluvia en los cortes 1 y 2.

En el análisis de producción de materia fresca y materia seca en kikuyo no se encontró diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3. (Tabla 15, 16 y 20) En el análisis de producción de materia fresca y materia seca en kikuyo no hubo efectos de la sombra y exclusión de lluvia. Según Echeverri *et al.* (2010) donde realizó una investigación en kikuyo aplicando fertilizante y abono orgánico no encontró diferencias significativas esto significa que la cantidad y calidad de materia fresca no dependió del aporte de fertilizante o abono orgánico sino de los factores del medio ambiente.



España (2017) Obtuvo una producción de biomasa fresca de kikuyo de 9930 Kg MV/a en condiciones naturales de exposición de luz y lluvia. (Hanisch y Córdova, 2014) encontró que en época de invierno con un sistema silvopastoril al 80% de registro de reducción solar se reduce la producción de pastos a pesar de haber aplicado fertilizantes.

Prieto y Sanchez (2004) previo a su investigación encontró 260 kg MS/ha de materia se en una parcela degradada sin tratamiento alguno en época seca, mientras que recuperada a los 45 días obtuvo una producción de 620 Kg MS/ha. Diannelis *et al.* (1994) encontró una producción de materia seca de 5291 Kg MS/ha en condiciones de fertilización con macro nutrientes y manejo adecuado del pasto esto es con aplicación de riego sin aplicación de sombra al kikuyo en época seca entrando una baja producción que en época lluviosa. Vela y Vargas (2009) encontró que en un sistema silvopastoril con aliso (*Alnus acuminata*), el kikuyo obtuvo una producción de 727.43 Kg MS/ha a los 45 días en estación de baja precipitación.

6.2.1 Efecto de la Exclusión de lluvia en el rye grass (*Lolium multiflorum*)

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables altura, relación hoja/ tallo, materia fresca, materia seca se describen en la Tabla 21.

Tabla 21. *Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.*

CORTE 1	Exclusión de lluvia			Valor P
	0%	25%	50%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	8.7 ± 0.69	11.1 ± 0.84	4.9 ± 0.39	**
Relación hoja/tallo	1.1 ± 0.18	0.5 ± 0.07	1.0 ± 0.12	ns
Materia fresca	7538.5 ± 328.19	4171.5 ± 335.28	3744.8 ± 613.86	**
Materia seca	1029.3 ± 85.34	564.7 ± 76.99	260.9 ± 18.60	**

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: **. Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables altura, área foliar específica, relación largo/ancho, relación hoja/tallo se describen en la Tabla 22.



Tabla 22. *Análisis de las variables paramétricas en rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 2.*

CORTE 2	Exclusión de lluvia			Valor P
	0%	25%	50%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	8.7 ± 0.63	7.1 ± 0.43	8.6 ± 0.82	ns
Área foliar específica	262.6 ± 10.65	175.9 ± 14.96	212.8 ± 24.35	ns
Relación largo/ancho	0.03 ± 0.001	0.04 ± 0.002	0.05 ± 0.003	ns
Relación hoja/tallo	1.6 ± 0.05	1.7 ± 0.14	1.9 ± 0.23	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), área foliar específica (cm^2/g), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables altura, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho, materia fresca se describen en la Tabla 23.

Tabla 23. *Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.*

CORTE 3	Exclusión de lluvia			Valor P
	0%	25%	50%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	11.6 ± 1.15	10.4 ± 1.49	10.4 ± 1.17	ns
Área foliar	48.4 ± 7.71	19.7 ± 3.33	22.7 ± 7.73	ns
Área foliar específica	316.3 ± 20.34	254.7 ± 15.52	238.1 ± 20.10	ns
Relación largo/ancho	0.03 ± 0.001	0.04 ± 0.003	0.05 ± 0.004	ns
Materia fresca	979.4 ± 90.77	263.9 ± 32.96	289.6 ± 32.51	**

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: **. Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), área foliar (cm^2), área foliar específica (cm^2/g), relación largo/ancho (cm), materia fresca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hojas, número de macollos, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho, para el corte 1, se describen en la Tabla 24.



Tabla 24. *Análisis de las variables en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 1.*

CORTE 1 Variable	Exclusión de lluvia			Valor P
	0%	25% Mediana	50%	
Número de hojas	3	3	3	ns
Número de macollos	0	0	0	ns
Área foliar	10	7	5	ns
Área foliar específica	116	113	91	ns
Relación largo/ancho	0,04	0.05	0,04	*

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *. Significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), número de hojas (unidad), número de macollos (unidad), área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hoja, número de macollos, área foliar, materia fresca, materia seca para el corte 2, se describen en la Tabla 25.

Tabla 25. *Análisis de las variables en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 2.*

CORTE 2 Variable	Exclusión de lluvia			Valor P
	0%	25% Mediana	50%	
Número de hojas	4	2	3	*
Número de macollos	0	0	0	ns
Área foliar	31	12	9	ns
Materia fresca	1670	694.4	410.4	*
Materia seca	344.8	121.2	105.4	*

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *. Significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de hojas (unidad), número de macollos (unidad), área foliar (cm²), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hojas, número de macollos, relación hoja/tallo, materia seca para el corte 3, se describen en la Tabla 26.



Tabla 26. *Análisis de las variables en el rye grass para el efecto exclusión de lluvia en el corte 3.*

CORTE 3 Variable	Exclusión de lluvia			Valor P
	0%	25% Mediana	50%	
Número de hojas	3	2	2	ns
Número de macollos	1	0	2	ns
Relación hoja/tallo	1.27	1.70	1.48	ns
Materia seca	267.6	63.2	86.2	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de hojas (unidad), número de macollos (unidad), relación hoja/tallo (g), materia seca (kg/ha).

Al analizar la variable altura se encontró que en el rye grass tuvo efectos significativos en el corte 1 en sus diferentes porcentajes de exclusión de lluvia encontrando valores como: 8.7 cm, 11.1 cm, 4.9 cm con 0%, 25% y 50% respectivamente (Tabla 21). Donde podemos observar una ligera variación en el porcentaje con 25% de exclusión de lluvia lo que indica que su altura será mayor (Figura 19). Encontrando resultados no significativos en el corte 2 y 3 (Tabla 22 y 23).

Un estudio realizado por Nestares *et al.* (1992) en el desarrollo de la producción de semillas de Rye grass Italiano variedad Tama, en un clima seco de Mayo a Septiembre y húmedo de Octubre a Abril; la precipitación pluvial fluctuaba entre los 500-700 mm/año. En los meses de abril, mayo, junio se efectuaron riegos complementarios con el Sistema de Riego INIA. Donde se evaluaron siete niveles de fertilización de N P K (kg/ha): T1 = 60 – 60 – 50, T2 = 60 – 80 – 50, T3 = 80 – 100 – 50, T4 = 80 – 120 – 50, T5 = 100 – 130 – 50, T6 = 100 – 140 – 50, y T7 = sin fertilizante alguno; donde la altura de planta fue superior para el T6 (99.46 cm) pero sin mostrar diferencia estadística significativas con los T1, T2, T3, T4, T5, pero si con el T7 (Testigo).

De acuerdo a un estudio realizado por Garcia *et al.* (2015) en el comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones, los cambios estacionales observados en la altura de la planta se vieron relacionados con las condiciones ambientales registradas en el estudio y en las temperaturas óptimas de crecimiento de las especies asociadas presentes en primavera y las bajas temperaturas registradas durante el invierno. La mayor y menor altura promedio estacional de la pradera se presentó en primavera e invierno con 37 y 15 cm, respectivamente (p= 0,05).

Las asociaciones 40-20-40 (*Dactylis glomerata* L - *Lolium perenne* L -*Trifolium repens* L.) y 50-00-50 (*Dactylis glomerata* L - *Lolium perenne* L -*Trifolium repens* L.) ambas con 25 cm, registraron la mayor altura promedio anual y la menor la asociación 00-50-50 con 20 cm (*Dactylis glomerata* L - *Lolium perenne* L -*Trifolium repens* L.).

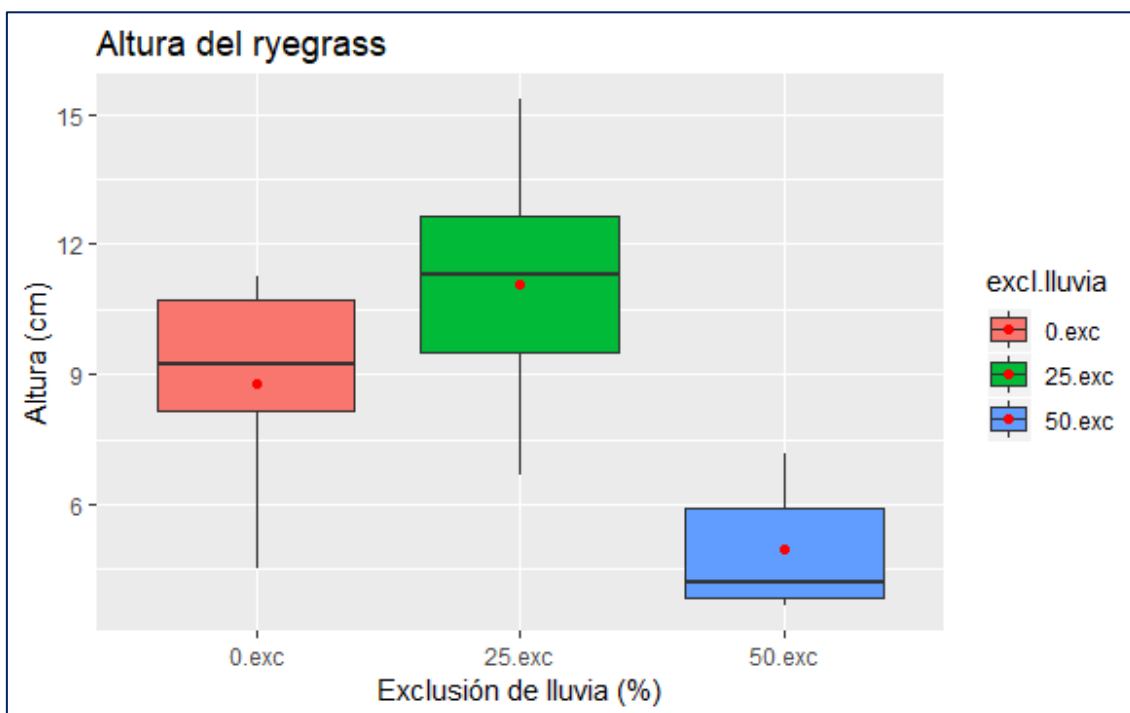


Figura 19. Altura del rye grass bajo diferentes niveles de lluvia en el corte 1.

Al analizar la variable número de hojas se encontró que en el rye grass tuvo un efecto significativo en el corte 2 donde se obtuvo valores: 4, 2, 3 hojas respectivamente siendo el 0% de exclusión de lluvia el que más hojas se obtuvo (Tabla 22). No se encontró diferencias estadísticas en el corte 1 y 3 (Tabla 21 y 23). En los resultados de la investigación de Vargas (2011) en el número de hojas por tallos encontrados, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), por efecto de las dosis de Enmiendas Húmicas evaluadas aunque numéricamente una mayor respuesta se registró en las plantas de las parcelas que recibieron 1250 ml/ha, con una media de 4.33 hojas/tallos, y en las plantas de control recibieron dosis Húmicas-15 de 750 y 1000 ml/ha obteniendo 4.00 hojas/tallos, valores similares a Robaldino (2010), en su investigación al evaluar la influencia de la fertilización y el intervalo del pastoreo en el rye grass perenne en el primer corte presento un promedio 3,8 hojas/tallo, esto se debe a



que mediada que se incremente el tiempo de descanso, se producen nuevas hojas y su tasa de crecimiento sería mayor.

Al analizar la variable número de macollos los tratamientos aplicados sobre el pasto el rye grass no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 21, 22, y 23). Un estudio realizado por Nestares *et al.* (1992) se pudo observar que el nitrógeno favorece el aumento en el número de macollos fértiles, es así que el T6 = 100 – 140 – 50 de N P K supera al resto de tratamientos pero no difieren estadísticamente con los T1, T2, T3, T4, T5 pero si con el T7 (testigo), lo que nos indica que el efecto del nitrógeno en la formación da mayor número de macollos.

En la variable área foliar y área foliar específica en el rye grass no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 22, 23, 24, y 25). Un estudio realizado por Amaro *et al.* (2004) la máxima área foliar específica se presentó a las cuatro semanas y coincidió con la mayor concentración de N en hoja (6.98 %) después comenzó a disminuir en la medida que se incrementó el peso seco de las hojas y la madurez de la planta. La altura de la planta, presentó una correlación negativa con AFE y con el contenido de N en hoja, mientras que, el porcentaje de N en hoja, mostró una correlación positiva ($P < 0.05$), con área foliar específica y viceversa. Por tanto, a mayor porcentaje de N foliar, mayor será la AFE.

Al analizar la variable larga/ancho de la hoja del rye grass se encontraron diferencias estadísticas en el corte 1 con medidas 0.04 cm, 0.05cm, 0.04 cm, donde al 25 % de exclusión de lluvia se obtuvo mejores resultados (Tabla 24) mientras en los cortes 2 y 3 no se obtuvieron diferencias significativas (Tabla 22 y 23). Para una pastura, el efecto del agua es muy importante para el desarrollo de su morfología ya que depende de las condiciones ambientales de ese momento. Se sabe que una pastura que acaba de ser defoliada es mucho más sensible a la sequía que una que ha rebrotado (Pilco, 2005).

En la variable hoja/tallo en el rye grass no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 21, 22 y 26). Un estudio realizado por Baque y Tuarez (2011) en la relación hoja/tallo de diez variedades de pastos se encontró que a los 21 días el valor más alto se registró



con el pasto Tanzania con 2,39; seguido del pasto Saboya tobiata con 2,30; los pastos Miel y B. brizantha con 2,00 y 1,61 respectivamente. A los 42 días el valor más alto se encuentra en el pasto Tobiata con 2,77, seguido del pasto Miel y B. mulato con 1,38 y 1,35 en su orden, en la edad de 63 días el pasto B. mulato presenta el valor más alto con 1,25 seguido de Saboya común con 0,89 con una precipitación 2229.60 mm/año.

Al analizar la variable materia fresca se encontraron resultados significativos en el corte 1 con resultados de 7538.5 kg/ha, 4171.5 kg/ha, y 3744.8 kg/ha en el corte 2 con: 1670 kg/ha, 694.4 kg/ha y 410.4 kg/ha y para el corte 3 con: 979.4 kg/ha, 263.9 kg/ha, 289.6 kg/ha con sus diferentes niveles de exclusión de lluvia 0%, 25%, 50% respectivamente (Cuadro 21, 25 y 23). Observando una mayor cantidad de materia fresca para el 0% de exclusión de lluvia, encontrando que a mayor lluvia habrá una mayor producción de biomasa fresca y a menor lluvia producirá una cantidad baja en su producción (Figura 20). Un estudio realizado por Monsivais (2013) en el crecimiento y productividad de *Lolium multiflorum* Lam, en una región semiárida se encontró que el rendimiento de materia verde al primer corte después del establecimiento no mostró diferencias significativas mostrando como una referencia la media general de 7,669 Kg MV/ha, numéricamente el mayor valor fue para el rye grass anual.

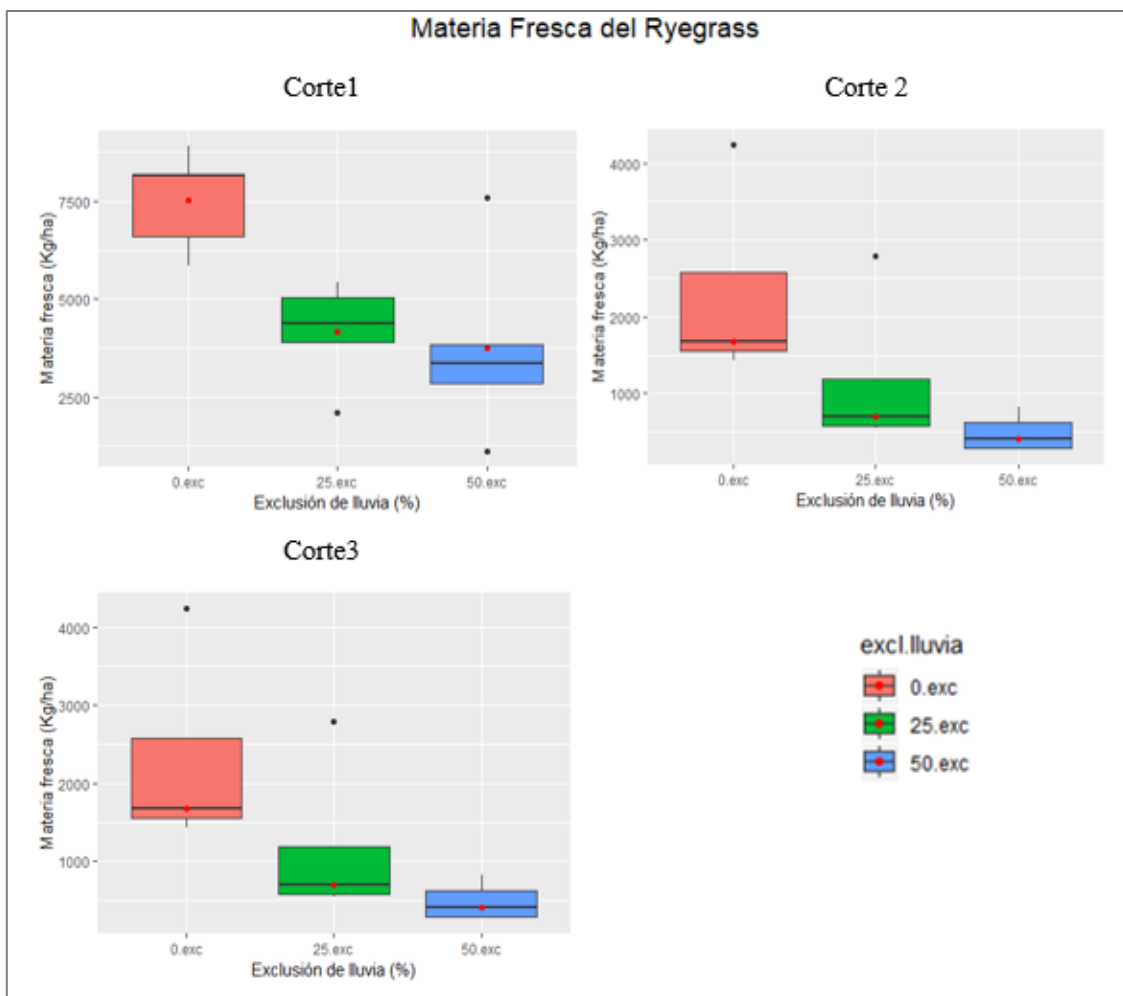


Figura 20. Materia fresca del rye grass bajo diferentes niveles de lluvia en el corte 1, 2,3.

Al analizar la variable materia seca se encontraron resultados significativos en el corte 1 con resultados de 1029.3 kg/ha, 564.7 kg/ha, y 260.9 kg/ha para el corte 2 con: 344.8 kg/ha, 121.2 kg/ha y 105,4 kg/ha con sus diferentes niveles de exclusión de lluvia 0%, 25%, 50% respectivamente (Cuadro 21 y 25). Resultando que a mayor lluvia (0% exclusión de lluvia) habrá una mayor producción de materia seca y a menor lluvia producirá una cantidad baja en su producción (Figura 21). Mientras que en el corte 3 no se obtuvieron resultados significativos (Cuadro 26). No obstante, un estudio similar realizado Nissen y Aedo (2009) la máxima producción la obtuvo el tratamiento Riego frecuente 45 (RF) con 18.022 Kg MS/ha, siendo la producción más baja para el tratamiento sin riego 15 (SR), que obtuvo una producción de 6.279 Kg MS/ha, siendo esta estadísticamente diferente al resto de los tratamientos de corte frecuente.

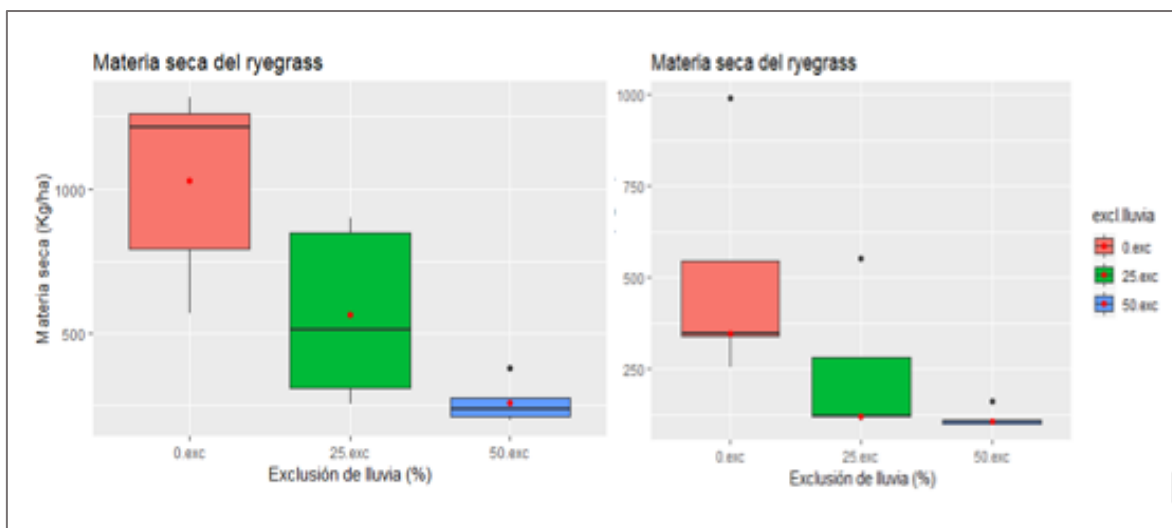


Figura 21. Materia seca del rye grass bajo diferentes niveles de lluvia en el corte 1 y 2.

6.2.2 Efecto de la sombra en el rye grass (*Lolium multiflorum*)

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables, altura, numero de hojas, área foliar, área foliar específica, relación hoja/tallo, materia fresca, materia seca para el corte 1, se describen en la Tabla 27. *Tabla 27.* Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 1.

CORTE 1	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	8.7 ± 0.59	17.2 ± 1.45	11.8 ± 0.56	13.2 ± 0.73	*
Número de hojas	4 ± 0.25	3 ± 0.12	3 ± 0.12	4 ± 0.10	ns
Área foliar	10.9 ± 0.42	15.3 ± 0.92	18.9 ± 0.65	28.7 ± 2.18	**
Área foliar específica	115.2 ± 3.23	166.7 ± 6.12	180.9 ± 6.38	183.0 ± 6.11	**
Relación hoja/tallo	1.12 ± 0.15	0.5 ± 0.06	0.83 ± 0.103	1.37 ± 0.11	ns
Materia fresca	7538.5 ± 284.22	5513.68 ± 437.32	5373.84 ± 350.29	6281.21 ± 443.92	ns
Materia seca	1029.2 ± 73.91	1214.8 ± 111.82	1371.8 ± 91.60	1195.1 ± 90.74	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *. Significativo, **. Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), número de hojas (unidad), área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables, altura, numero de hojas, área foliar, área foliar específica, relación larga/ancho, relación hoja/tallo, materia fresca, materia seca para el corte 2, se describen en la Tabla 28.



Tabla 28. *Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 2.*

CORTE 2	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	8.7 ± 0.55	7.9 ± 0.57	9.5 ± 0.73	10.14 ± 1.00	ns
Número de hojas	4 ± 0.12	3 ± 0.12	3 ± 0.12	3 ± 0.15	ns
Área foliar	29.3 ± 2.45	18.1 ± 1.66	16.9 ± 1.71	20.4 ± 2.33	ns
Área foliar específica	262.5 ± 9.22	243.4 ± 10.68	200.2 ± 9.28	277.4 ± 14.38	ns
Relacion largo/ancho	0.03 ± 0.0012	0.04 ± 0.0018	0.04 ± 0.0012	0.04 ± 0.0029	ns
Relación hoja/tallo	1.66 ± 0.04	1.75 ± 0.12	1.36 ± 0.10	2.23 ± 0.23	ns
Materia fresca	2292.4 ± 262.74	3131.0 ± 346.77	5292.3 ± 185.03	4370.9 ± 304.08	**
Materia seca	494.4 ± 66.37	589.4 ± 70.27	856.2 ± 41.21	674.5 ± 49.89	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ** .Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), número de hojas (unidad), área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables, altura, área foliar, relación largo/ancho, relación hoja/tallo, materia fresca para el corte 3, se describen en la Tabla 29.

Tabla 29. *Análisis de las variables paramétricas en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 3.*

CORTE 3	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	
Altura	11.7 ± 0.99	8.7 ± 0.83	9.1 ± 0.63	8.2 ± 0.68	ns
Área foliar	48.4 ± 6.68	15.3 ± 2.54	20.9 ± 2.35	24.4 ± 4.37	ns
Relación largo/ancho	0.03 ± 0.001	0.04 ± 0.002	0.03 ± 0.001	0.04 ± 0.002	*
Relación hoja/tallo	1.6 ± 0.21	1.7 ± 0.12	1.7 ± 0.16	1.9 ± 0.17	ns
Materia fresca	974.4 ± 78.61	1565.7 ± 171.14	2356.5 ± 155.87	1537.3 ± 252.52	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: *.Significativo, ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), área foliar (cm²), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables no normales, numero de macollos, relación larga/ancho, para el corte 1, se describen en la Tabla 30.



Tabla 30. *Análisis de las variables en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 1.*

CORTE 1	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	Mediana				
Número de macollos	0	0	0	0	ns
Relación largo/ancho	0.04	0.04	0.02	0.03	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, altura (cm), número de macollos (unidad), relación larga/ancho (cm).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables no normales, número de macollos, para el corte 2, se describen en la Tabla 31.

Tabla 31. *Análisis de las variables en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 2.*

CORTE 2	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	Mediana				
Número de macollos	0	0	0	0	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de macollos (unidad).

Los resultados para el efecto de la sombra en las variables no normales, numero de hojas, numero de macollos, área foliar específica, materia seca para el corte 3, se describen en la Tabla 32.

Tabla 32. *Análisis de las variables en el rye grass para el efecto de sombra en el corte 3.*

CORTE 3	Sombra				Valor P
	0%	30%	50%	80%	
Variable	Mediana				
Número de hojas	3	3	3	3	ns
Número de macollos	1	0	0	1	ns
Área foliar específica	322.41	215.96	235.22	175.84	ns
Materia seca	267.6	361.2	459.6	308.8	ns

Letras diferentes en fila indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. número de macollos (unidad), número de hojas (unidad), área foliar específica (cm²/g), materia seca (kg/ha).

Al analizar la variable altura se encontró que en el rye grass tuvo efectos significativos en el corte 1 en sus diferentes porcentajes de sombra recibida; así en el corte 1: 8.77 cm, 17.2 cm, 11.8 cm, 13.2 cm con 0%, 30%, 50% y 80% respectivamente (Tabla 27). Siendo así que el mejor porcentaje de sombra estuvo en el 30% (Figura 22). Encontrando resultados no

significativos en el corte 2 y 3 (Tabla 28 y 29). Un estudio realizado por Calzada *et al.* (2014) encontró que mientras mayor es la altura de la planta, mayor es la proporción de hojas sombreadas. Se presentó una correlación negativa con la biomasa foliar al incrementarse la altura de la planta. La biomasa foliar disminuyó al incrementarse la altura de la planta, encontraron una correlación negativa entre la altura del tallo y el área foliar específica por efecto de competencia por luz.

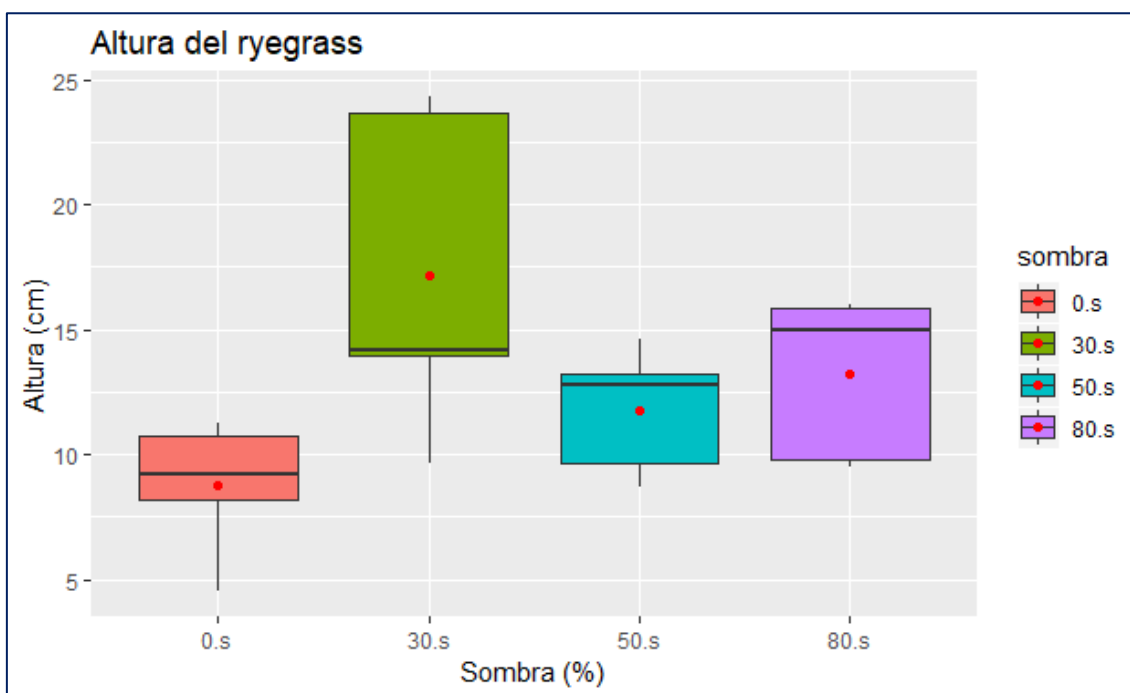


Figura 22. Altura del ryegrass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 1.

En cuanto la variable número de hojas en el ryegrass, los tratamientos aplicados sobre la especie no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 27, 28 y 32). La planta alcanzó un promedio de 4 hojas en los tratamientos 0 y 80% sombra. Al igual en la variable número de macollos en el ryegrass no se encontraron diferencias significativas en los 3 cortes (Tabla 30, 31 y 32). La planta alcanzó un promedio de 1 en el número de macollos en los tratamientos 0 y 80%.

Según Villalobos y Sánchez (2010) el número de hojas es un indicador de campo lógico, práctico y conveniente de la recuperación de las reservas de carbohidratos hidrosolubles y de la madurez de la hoja, o de la preparación de la planta para ser pastoreada. Córdova y Hernández

(2010) concuerda que los pastos bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración (eficiencia en el uso de la luz) y presentan menos tejidos muertos.

Al analizar la variable área foliar se encontró que en el rye grass tuvo un efecto significativo en el corte 1 donde aumenta gradualmente a medida que le porcentaje de sombra es mayor; así en el corte 1: 10.9 cm², 15.3 cm², 18.9 cm², 28.7 cm² con 0%, 30%, 50% y 80% respectivamente (Tabla 27). Lo que sugiere que mientras mayor sea la sombra mayor será su área foliar al 80% con un valor de 28.7 cm². (Figura 23). Encontrando resultados no significativos en el corte 2 y 3 (Tabla 28 y 29). Un estudio realizado por Paciullo *et al.* (2007) en *Brachiaria decumbens* también mostró aumento de área foliar específica bajo sombreado natural, destacando un intento de mejorar la eficiencia de uso de la radiación disponible por las plantas. El área foliar efectiva, sin embargo, aumentó cuando las plantas se desarrollaron bajo 50% de sombreado, en relación a aquellas a pleno sol.

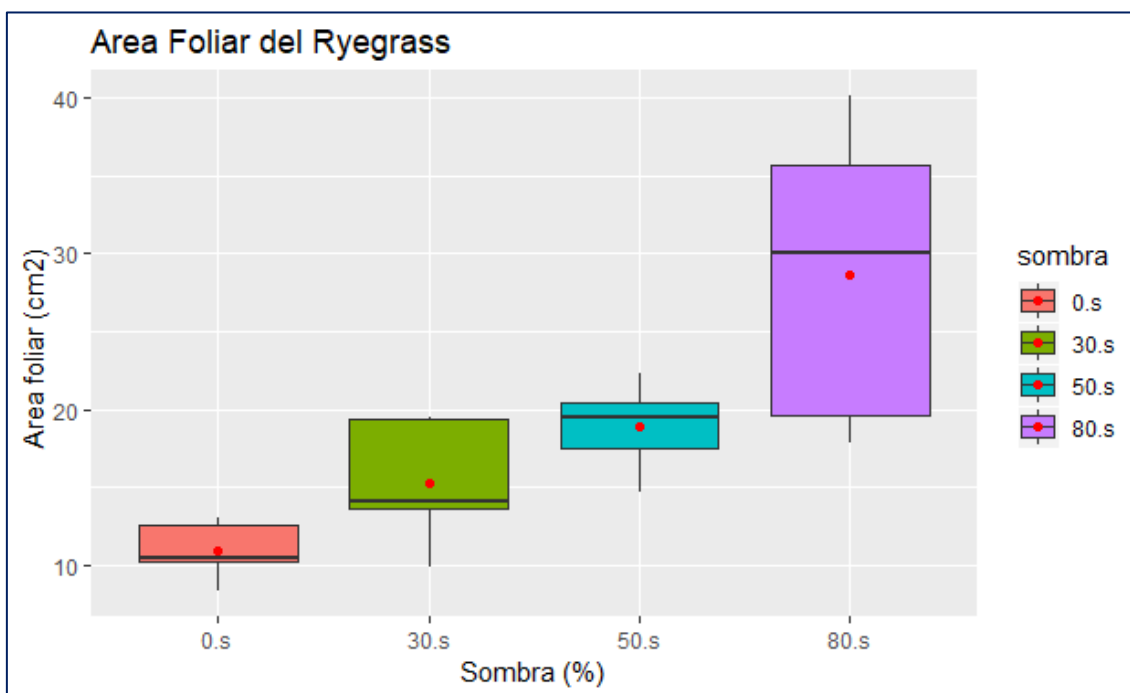


Figura 23. Área foliar del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 1.

Al analizar la variable área foliar específica se encontró que en el rye grass tuvo un efecto significativo en el corte 1 donde aumenta gradualmente a medida que le porcentaje de sombra es mayor; así en el corte 1: 115.2 cm² /g, 166.7 cm²/g, 180.9 cm²/g, 183.0 cm² /g con 0%, 30%,

50% y 80% respectivamente (Tabla 27). Lo que sugiere que mientras mayor sea la sombra mayor será su área foliar específica al 80% (Figura 24). Encontrando resultados no significativos en el corte 2 y 3 (Tabla 28 y 32). Según Páez *et al.* (2000) el área foliar específica aumenta en la sombra ya que las plantas tienen la capacidad de ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando su área foliar, por consiguiente las hojas son más delgadas.

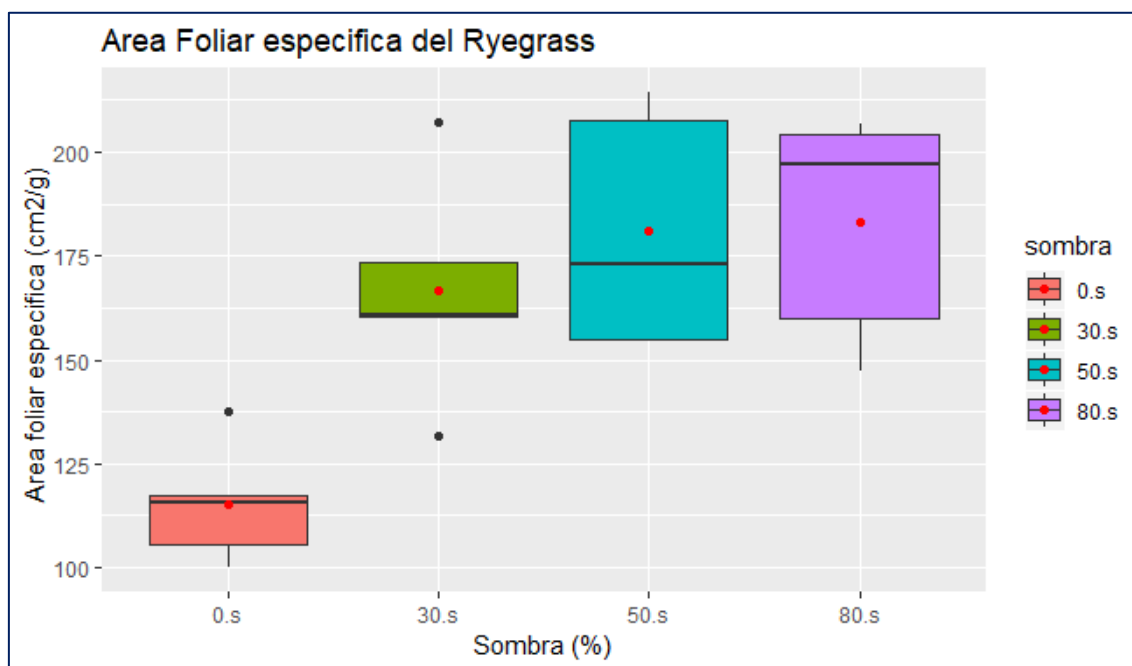


Figura 24. Área foliar específica del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 1.

Al analizar la variable relación largo/ancho de la hoja del rye grass se encontró que en el rye grass tuvo un efecto significativo en el corte 3 donde se obtuvo valores: 0.03 cm, 0.04 cm, 0.03 cm, 0.04 cm con 0%, 30%, 50% y 80% respectivamente (Cuadro 29), donde mayor relación que tuvo fue al 30 y 80% sombra. Encontrando resultados no significativos en el corte 1 y 2 (Tabla 28 y 30). En un estudio realizado por Restrepo y Escobar (2007) con las especies *Lolium multiflorum* y *Festuca arundinacea* Schreb. Se encontró que cuando eran sometidas a una sequía extrema se afectaba la longitud de la hoja la tasa de crecimiento.

En cuanto a la variable hoja/tallo los tratamientos aplicados en el rye grass no presentaron diferencias significativas en los 3 cortes (Tabla 27, 28 y 29). En esta variable los niveles de sombra que más sobresalieron fueron al 80% y con valores superiores en los 3 cortes. En un



estudio realizado por Calzada *et al.* (2014) en el análisis de crecimiento del pasto maralfalfa en la relación hoja/tallo se redujo progresivamente conforme transcurrió la edad de crecimiento (de 2.13 a 0.26). El promedio de la relación hoja/tallo del periodo de evaluación fue de 0.73, superior a los *Pennisetum purpureum* evaluados por (Araya y Boschini, 2005).

Al analizar la variable materia fresca se encontró que en el rye grass tuvo un efecto significativo en el corte 2 donde se aumenta gradualmente a medida que el porcentaje de sombra es mayor a excepción del 80% de sombra; así en el corte 2: 2292.4 kg/ha, 3131.0 kg/ha, 5292.3 kg/ha, 4370.9 kg/ha (Cuadro 28), con 0%, 30%, 50% y 80% respectivamente, siendo el mejor tratamiento al 50% de sombra (Figura 25). Mientras mayor sea la sombra mayor será la producción de materia fresca del rye grass. Encontrando resultados no significativos en el corte 1 y 3 (Cuadro 27 y 29). La reducción de luz mediante el uso del zarán con sus distintos niveles de sombra en el pasto rye grass, actuó de una manera positiva que al 50% se obtuvo una mayor producción de materia fresca. Un estudio realizado por Fairlie *et al.* (1999) la sombra actuó favorablemente sobre el rendimiento del rye grass ya que el menor rendimiento se encontró en el sistema pleno sol (A3) con 11.6 t/ha/año, mientras que en los sistemas acacia + quishuar (A1) y aliso + retama (A2) los rendimientos fueron de 22 y 22.5 t/ha/año respectivamente. Y respecto al rye grass + trébol (mezcla), en su sistema agroforestal no fue muy favorable, ya que en el sistema a pleno sol (A3) tuvo cantidades mayores de 36,5 t/ha/año a comparación de los demás tratamientos que tuvieron 34,9 (A1) y 31,2 (A2).

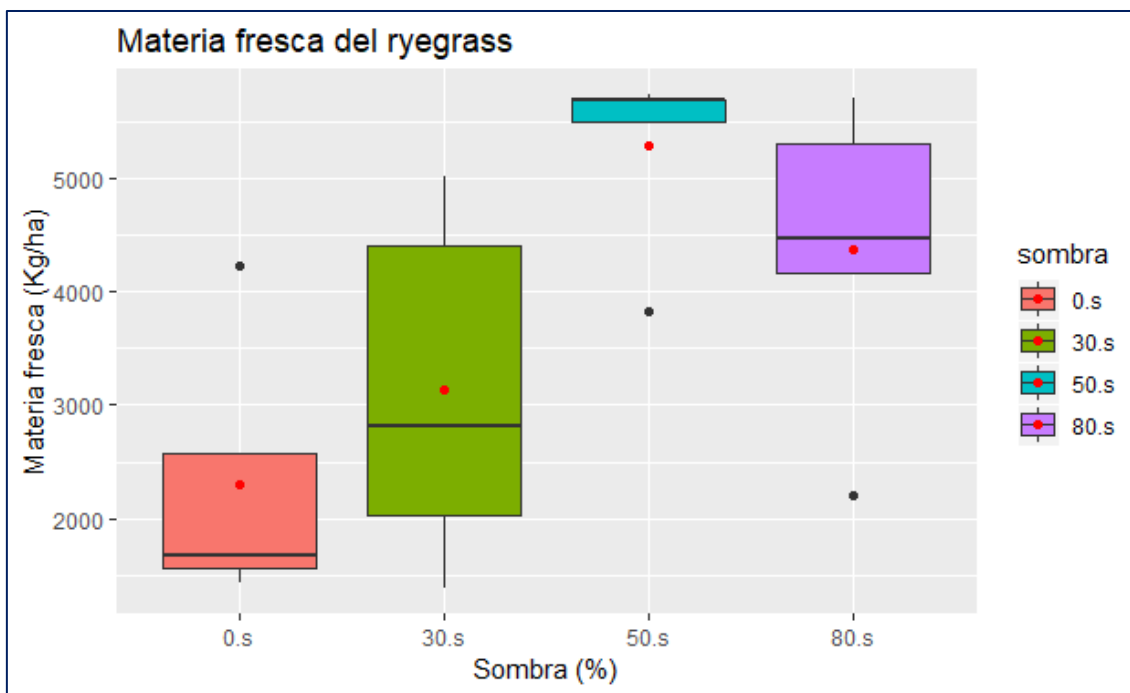


Figura 25. Materia fresca del rye grass bajo diferentes niveles de sombra en el corte 2.

En cuanto a la variable materia seca los tratamientos aplicados sobre el pasto rye grass no presentaron diferencias estadísticas en los 3 cortes (Tabla 27, 28 y 32). Esta variable tuvo efectos altos al 80% de sombra en sus 3 cortes con valores 1371,8 kg/ha, 856,2 kg/ha, 459,6 kg/ha respectivamente.

Un estudio realizado por Velasco *et al.* (2005) en condiciones de clima semicálido con temperatura media anual de 19.8 °C, se ha reportado que sometido a cortes cada 28 días a 5 cm de altura produjo menor rendimiento de materia seca en otoño, pero mayor producción en primavera e invierno que en verano (1,842 Kg MS/ha); las diferencias con este estudio se atribuyen a las condiciones meteorológicas prevalecientes, y a que dichas praderas se mantuvieron con riego y fertilización nitrogenada durante todo el año.

6.2.3 Efecto de la interacción de la sombra-exclusión de lluvia en el rye grass (*Lolium multiflorum*).

Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables, altura, área foliar, materia fresca, materia seca para el corte 1, se describen en la Tabla 33.



Tabla 33. *Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.*

Variable CORTE 1	Sombra x Exclusión de lluvia			
	Altura	Área foliar	Materia fresca	Materia seca
	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
T1	8.7 \pm 0.34	10.9 \pm 0.24	7538.5 \pm 164.09	1029.3 \pm 42.67
T2	13.2 \pm 0.42	28.6 \pm 1.25	6281.3 \pm 256.29	1195.1 \pm 52.38
T3	11.8 \pm 0.32	18.9 \pm 0.37	5373.8 \pm 202.24	1371.8 \pm 52.88
T4	17.1 \pm 0.83	15.3 \pm 0.53	5513.6 \pm 252.55	1214.8 \pm 64.56
T5	11.1 \pm 0.42	9.8 \pm 0.71	4171.5 \pm 167.64	564.6 \pm 38.49
T6	9.3 \pm 0.10	16.9 \pm 0.57	4940.7 \pm 323.32	635.8 \pm 9.35
T7	11.1 \pm 0.51	12.0 \pm 0.72	2646.5 \pm 206.81	1005.6 \pm 49.14
T8	14.9 \pm 0.60	13.9 \pm 0.92	3225.4 \pm 178.03	1254.3 \pm 42.46
T9	4.9 \pm 0.19	7.1 \pm 0.58	3744.8 \pm 306.93	260.9 \pm 9.30
T10	12.6 \pm 0.56	16.2 \pm 0.50	2391.9 \pm 243.93	512.9 \pm 46.94
T11	9.1 \pm 0.47	12.9 \pm 0.46	5072.8 \pm 308.73	666.3 \pm 29.95
T12	11.8 \pm 0.75	9.1 \pm 0.28	3158.6 \pm 287.47	1000.0 \pm 44.22
Valor P	ns	ns	ns	Ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables, altura, número de hojas, área foliar específica, relación largo/ancho, relación hoja/tallo, materia fresca, materia seca para el corte 2, se describen en la Tabla 34.

Tabla 34. *Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.*

Variable CORTE 2	Sombra x Exclusión de lluvia						
	Altura	Número de hojas	Área foliar específica	Relación largo/ancho	Relación hoja/tallo	Materia fresca	Materia seca
	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
T1	8.7 \pm 0.31	4 \pm 0.09	115.2 \pm 1.41	0.034 \pm 0.0007	1.6 \pm 0.0273	2292.4 \pm 151.69	494.4 \pm 38.32
T2	10.1 \pm 0.58	3 \pm 0.07	183.1 \pm 1.34	0.038 \pm 0.0016	2.23 \pm 0.1363	4370.9 \pm 175.56	674.5 \pm 28.80
T3	9.6 \pm 0.42	3 \pm 0.07	180.9 \pm 0.99	0.036 \pm 0.0007	1.36 \pm 0.0630	5292.3 \pm 106.83	856.2 \pm 23.79
T4	7.9 \pm 0.33	3 \pm 0.07	166.7 \pm 0.96	0.038 \pm 0.0010	1.75 \pm 0.0702	3131.0 \pm 200.21	589.4 \pm 40.57
T5	7.1 \pm 0.21	3 \pm 0.07	124.7 \pm 2.64	0.038 \pm 0.0010	1.75 \pm 0.0702	1156.4 \pm 122.28	236.5 \pm 24.67
T6	10.6 \pm 0.40	4 \pm 0.09	176.2 \pm 1.53	0.032 \pm 0.0005	1.76 \pm 0.1417	2691.9 \pm 179.64	388.2 \pm 21.61
T7	9.3 \pm 0.29	3 \pm 0.07	162.6 \pm 3.64	0.040 \pm 0.0009	1.65 \pm 0.0727	3267.9 \pm 144.86	568.0 \pm 24.81
T8	10.8 \pm 0.51	3 \pm 0.09	156.5 \pm 1.80	0.036 \pm 0.0007	1.19 \pm 0.0506	2392.6 \pm 167.38	460.2 \pm 32.86
T9	8.6 \pm 0.41	3 \pm 0.07	142.8 \pm 2.70	0.046 \pm 0.0014	1.97 \pm 0.1185	483.1 \pm 29.95	115.6 \pm 3.43
T10	9.1 \pm 0.45	3 \pm 0.07	164.1 \pm 1.93	0.046 \pm 0.0021	1.30 \pm 0.0877	2374.8 \pm 84.96	485.4 \pm 21.60
T11	10.6 \pm 0.14	4 \pm 0.09	139.4 \pm 1.31	0.034 \pm 0.0007	1.44 \pm 0.0902	2133.2 \pm 103.65	465.6 \pm 21.25
T12	7.3 \pm 0.26	3 \pm 0.07	140.2 \pm 1.60	0.036 \pm 0.0011	2.26 \pm 0.1449	1537.2 \pm 67.84	321.4 \pm 17.11
Valor P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), número de hojas (unidad), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).



Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables, altura, relación largo/ancho, relación hoja/tallo, para el corte 3, se describen en la Tabla 35.

Tabla 35. Análisis de las variables paramétricas en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.

Sombra x Exclusión de lluvia			
Variable	Altura	Relación largo/ancho	Relación hoja/tallo
CORTE 3	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm EE$
T1	11.6 ± 0.57	0.032 ± 0.0005	1.57 ± 0.1265
T2	8.2 ± 0.39	0.044 ± 0.0011	1.94 ± 0.1023
T3	9.1 ± 0.36	0.032 ± 0.0005	1.75 ± 0.0949
T4	8.6 ± 0.48	0.040 ± 0.0012	1.75 ± 0.0730
T5	10.4 ± 0.74	0.044 ± 0.0014	1.75 ± 0.0730
T6	7.2 ± 0.20	0.044 ± 0.0014	1.59 ± 0.0961
T7	7.6 ± 0.27	0.040 ± 0.0009	2.41 ± 0.0952
T8	7.4 ± 0.49	0.034 ± 0.0014	1.33 ± 0.0718
T9	10.4 ± 0.58	0.048 ± 0.0019	1.50 ± 0.0894
T10	7.9 ± 0.54	0.044 ± 0.0019	1.25 ± 0.0751
T11	8.8 ± 0.35	0.042 ± 0.0005	1.72 ± 0.0893
T12	8.60 ± 0.51	0.044 ± 0.0024	1.78 ± 0.1039
Valor P	ns	ns	ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de Tukey 5%, altura (cm), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g).

Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hojas, número de macollos, área foliar específica, relación largo/ancho, relación hoja/tallo, para el corte 1, se describen en la Tabla 36.



Tabla 36. *Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 1.*

Sombra x Exclusión de lluvia					
Variable	Número de hojas	Número de macollos	Área foliar específica	Relación largo/ancho	Relación hoja/tallo
CORTE 1			Mediana		
T1	4	0	115.74	0.04	1.02
T2	4	0	196.89	0.03	1.45
T3	3	0	172.94	0.02	0.69
T4	3	0	160.75	0.04	0.45
T5	3	0	112.97	0.05	0.45
T6	4	1	178.04	1.19	0.46
T7	4	0	159.27	0.03	1.22
T8	4	0	146.82	0.04	0.86
T9	3	0	91.30	0.04	0.99
T10	3	1	169.73	0.03	1.06
T11	4	0	134.08	0.03	1.13
T12	3	0	115.70	0.04	1.47
Valor P	ns	*	*	**	**

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: *. Significativo, **. Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de hojas (unidad), número de macollos (unidad), área foliar específica (cm²/g), relación largo/ancho (cm), relación hoja/tallo (g).

Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de macollos, área foliar para el corte 2, se describen en la Tabla 37.

Tabla 37. *Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 2.*

Sombra x Exclusión de lluvia		
Variable	Número de macollos	Área foliar
CORTE 2	Mediana	
T1	0	31.20
T2	0	15.06
T3	0	15.76
T4	0	15.46
T5	0	12.45
T6	1	28.32
T7	0	16.05
T8	0	11.00
T9	0	4.87
T10	1	7.07
T11	0	23.90
T12	0	14.78
Valor P	ns	ns

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de macollos (unidad), área foliar (cm²).



Los resultados para el efecto de la interacción sombra por la exclusión de lluvia en las variables no normales, número de hojas, número de macollos, área foliar, área foliar específica, materia fresca, materia seca relación largo/ancho, relación hoja/tallo, para el corte 3, se describen en la Tabla 38.

Tabla 38. *Análisis de las variables en el efecto de la interacción sombra x exclusión de lluvia en el corte 3.*

Sombra x Exclusión de lluvia						
Variable	Número de hojas	Número de macollos	Área foliar	Área foliar específica	Materia fresca	Materia seca
CORTE 3			Mediana			
T1	3	1	39.91	322.40	1056	267.6
T2	3	1	13.10	175.83	1431.2	308.8
T3	3	0	22.62	235.22	2410.0	459.6
T4	3	0	11.29	215.96	1548.8	361.2
T5	2	0	22.99	258.72	238.8	63.2
T6	3	1	23.35	388.76	1206.4	263.6
T7	2	0	12.10	189.00	1558.8	316
T8	3	0	16.08	213.04	599.2	130
T9	2	0	13.62	210.81	289.6	86.2
T10	2	1	6.89	199.55	428	96.8
T11	2	0	21.9	267.3	292.8	60.8
T12	2	0	9.36	255.18	251.6	58.4
Valor P	ns	ns	ns	ns	**	**

Letras diferentes en columna indican diferencias estadísticas. Leyenda: **.Altamente significativo, ns: no significativo. Prueba de T de Wilcoxon, número de hojas (unidad), número de macollos (unidad), área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g), materia fresca (kg/ha), materia seca (kg/ha).

En cuanto a la variable altura de la planta los tratamientos aplicados sobre la especie en el rye grass no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 33, 34 y 35). La planta obtuvo una altura promedio en sus diferentes cortes. Corte 1: T1₍₀₋₀₎ = 8.7, T2₍₈₀₋₀₎ = 13.2, T3₍₅₀₋₀₎ = 11.8, T4₍₃₀₋₀₎ = 17.1, T5₍₀₋₂₅₎ = 11.1, T6₍₈₀₋₂₅₎ = 9.3, T7₍₅₀₋₂₅₎ = 11.1, T8₍₃₀₋₂₅₎ = 14.9, T9₍₀₋₅₀₎ = 4.9, T10₍₈₀₋₅₀₎ = 12.6, T11₍₅₀₋₅₀₎ = 9.1, T12₍₃₀₋₅₀₎ = 11.8 siendo el mejor tratamiento T4 (30% sombra-0%Exclusión de lluvia) con un altura de 17.1 cm. Corte 2: T1₍₀₋₀₎ = 8.7, T2₍₈₀₋₀₎ = 10.1, T3₍₅₀₋₀₎ = 9.6, T4₍₃₀₋₀₎ = 7.9, T5₍₀₋₂₅₎ = 7.1, T6₍₈₀₋₂₅₎ = 10.6, T7₍₅₀₋₂₅₎ = 9.3, T8₍₃₀₋₂₅₎ = 10.8, T9₍₀₋₅₀₎ = 8.6, T10₍₈₀₋₅₀₎ = 9.1, T11₍₅₀₋₅₀₎ = 10.6, T12₍₃₀₋₅₀₎ = 7.3 siendo el mejor tratamiento T8 (30% sombra-25%Exclusión de lluvia) con una altura máxima 10.8 cm. Corte 3: T1₍₀₋₀₎ = 11.6, T2₍₈₀₋₀₎ = 8.2, T3₍₅₀₋₀₎ = 9.1, T4₍₃₀₋₀₎ = 8.6, T5₍₀₋₂₅₎ = 10.4, T6₍₈₀₋₂₅₎ = 7.2, T7₍₅₀₋₂₅₎ = 7.6, T8₍₃₀₋₂₅₎ = 7.4, T9₍₀₋₅₀₎ = 10.4,



$T10_{(80-50)} = 7.9$, $T11_{(50-50)} = 8.8$, $T12_{(30-50)} = 8.60$ siendo el mejor tratamiento T5 y T9 (0% sombra-25-50 %Exclusión de lluvia) con una altura máxima 10.8 cm. En un estudio realizado por Vásquez *et al.* (2017) en la evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras, se utilizó como fertilizante orgánico el guano de isla y superfosfato triple de calcio. La fórmula de instalación NPK fue de 100 - 80 - 60, mientras que la de mantenimiento fue de 120 - 96 donde que la variedad *lolium multiflorum var Tama* mostró un mayor crecimiento a los 12 días, sin embargo, el Ecotipo cajamarquino presentó mejor altura de planta a los 24 y 36 días con 37,60 y 52,43 cm respectivamente.

En cuanto a la variable número de hojas en el rye grass no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 34, 36, 38). Con un promedio de 4 hojas en los 3 cortes. Según Colabelli *et al.* (2009) en rye grass perenne el promedio de hojas vivas por macollo ocasionalmente excede 3, y la aparición de una cuarta hoja tiende a ser contrabalanceada por la pérdida de la primera que se formó.

Al analizar la variable numero de macollos, se encontro resultados significativos en el corte 1, con medianas: $T1_{(0-0)} = 0$, $T2_{(80-0)} = 0$, $T3_{(50-0)} = 0$, $T4_{(30-0)} = 0$, $T5_{(0-25)} = 0$, $T6_{(80-25)} = 1$, $T7_{(50-25)} = 0$, $T8_{(30-25)} = 0$, $T9_{(0-50)} = 0$, $T10_{(80-50)} = 1$, $T11_{(50-50)} = 0$, $T12_{(30-50)} = 0$ (Tabla 36). Observando que el tratamiento T6- T10 (80%sombra-25-50Exclusión de lluvia) fueron los mejores. No se encontró diferencias estadísticas en el corte 2 y 3 (Tabla 37, 38). Según Duru y Ducrocq (2000) la competición por luz es un importante regulador del macollaje, el suministro de C es el factor más importante en la sobrevivencia de los macollos. En *Lolium perenne* la prioridad en la distribución de los carbohidratos de reserva luego de una defoliación es el rebrote de hojas, luego el reinicio del crecimiento radicular y por último la aparición de nuevos macollos. El macollaje está muy relacionado con los carbohidratos de reserva de las plantas. Un estudio realizado por Saldanha *et al.* (2010) sobre la intensidad de pastoreo sobre la estructura de lolium perenne se demostró que la densidad de macollos es el producto de la densidad de plantas por el número de macollos por planta. La densidad de macollos promedio en el período fue de 3232 ± 861 macollos/m². Teuber y Dumont (2006) manifiestan que la población de macollos en una



pradera como en la gramínea se ve afecta significativamente con el manejo de sistemas de corte intensivo para la conservación del forraje.

En cuanto a la variable área foliar los tratamientos aplicados sobre la especie rye grass no se encontraron diferencias significativas en los cortes 1, 2 y 3 (Tabla 33, 37 y 38). La planta alcanzo un promedio mayor en el corte 1 en el tratamiento T2 (80% sombra-0% Exclusión de lluvia), y en el corte 2 y 3, su mejor tratamiento fue T1 (0% sombra-0% Exclusion de lluvia). Hikosaka (2005) el área foliar es una medida importante para caracterizar la interceptación luminosa y el potencial de producción de plantas en diferentes ambientes y algunos estudios con plantas forrajeras confirman la reducción de ese índice en dóciles de plantas sombreadas.

En la variable area foliar especifica de la hoja del rye grass se encontro valores significativos en el corte 1: $T1_{(0-0)} = 115.74 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T2_{(80-0)} = 196.89 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T3_{(50-0)} = 172.94 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T4_{(30-0)} = 160.75 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T5_{(0-25)} = 112.97 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T6_{(80-25)} = 178.04 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T7_{(50-25)} = 159.27 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T8_{(30-25)} = 146.82 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T9_{(0-50)} = 91.30 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T10_{(80-50)} = 169.73 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T11_{(50-50)} = 134.08 \text{ cm}^2/\text{g}$, $T12_{(30-50)} = 115.70 \text{ cm}^2/\text{g}$, (Tabla 34) donde la interracion 80% sombra, 0 exlcusion de lluvia ($T2_{(80-0)}$), se encontro una mayor area foliar especifica (Figura 26). Mientras en el corte 2 y 3 no se obtuvieron resultados signifivativos (Tabla 36,38). Según Villegas y Chavarría (2016) en su trabajo realizado se determinó que al 95% de confianza existe diferencia significativa de las plantas a la luz y las plantas a la sombra entre el área foliar específica, grosor, forma y la cantidad de clorofila de la hoja (F-Ratio=5,14; g.l.=49; P=0,028; Kruskal-Wallis = 25,9; g.l.=49; P= 3,4; E-7; F-Ratio= 14,26; g.l.=49; P=0,0004; F-Ratio= 7,36; g.l.=49; P=0,0092, respectivamente), siendo las plantas a la luz las que presentaron los valores más altos respecto al cociente de la forma de la hoja y mayor grosor de la misma, mientras que las plantas a la sombra presentaron mayores valores de área foliar específica y mayor cantidad de clorofila.

Según Valladares (2004) las plantas a la sombra presentaron mayor área foliar especifica porque deben tener una mayor capacidad para adquirir luz solar y dióxido de carbono (CO_2), lo cual le permite obtener una mayor ganancia de carbono, a través de la fotosíntesis.

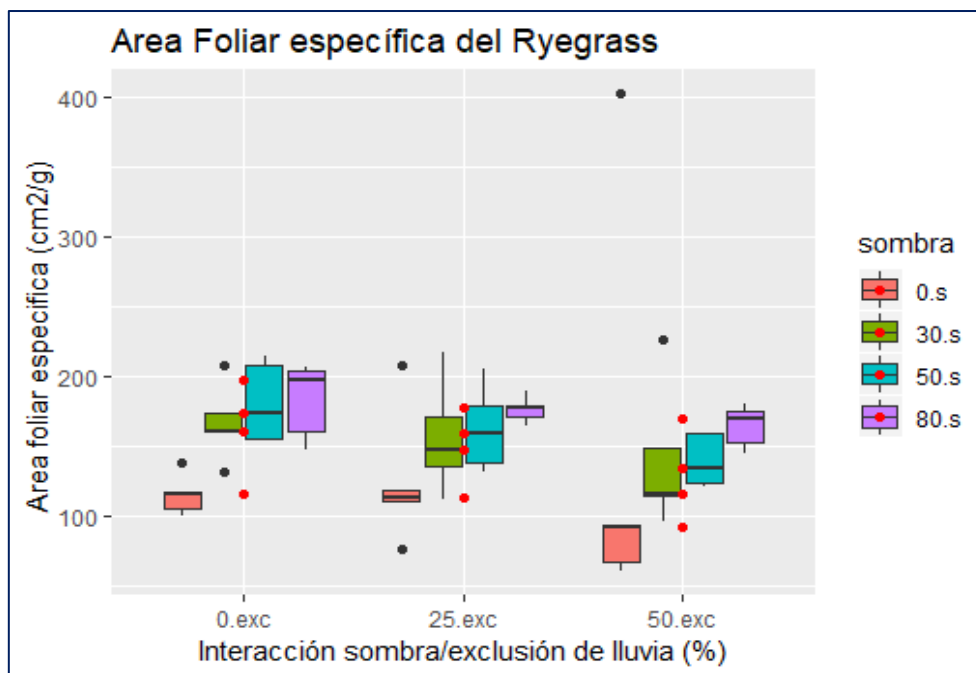


Figura 26. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en el área foliar específica del rye grass en el corte 1.

En la variable relacion hoja/tallo del rye grass se encontro valores significativos en el corte 1:

$T1_{(0-0)}=1.02$ g, $T2_{(80-0)}=1.45$ g, $T3_{(50-0)}=0.69$ g, $T4_{(30-0)}=0.45$ g, $T5_{(0-25)}=0.45$ g, $T6_{(80-25)}=0.46$ g, $T7_{(50-25)}=1.22$ g, $T8_{(30-25)}=0.86$ g, $T9_{(0-50)}=0.99$ g, $T10_{(80-50)}=1.06$ g, $T11_{(50-50)}=1.13$ g, $T12_{(30-50)}=1.47$ g (Tabla 36) donde la interacción 30% sombra, 50 exclusión de lluvia ($T12_{(30-50)}$), se encontro una mayor relacion hoja/tallo del rye grass, mientras menos agua exista dentro de la parcela y mas sombra alla mas sera su relación (Figura 27).

Al igual que la variable relacion largo/ ancho de la hoja se encontro valores significativos en el corte 1: $T1_{(0-0)}=0.04$ cm, $T2_{(80-0)}=0.03$ cm, $T3_{(50-0)}=0.02$ cm, $T4_{(30-0)}=0.04$ cm, $T5_{(0-25)}=0.05$ cm, $T6_{(80-25)}=1.19$ cm, $T7_{(50-25)}=0.03$ cm, $T8_{(30-25)}=0.04$ cm, $T9_{(0-50)}=0.04$ cm, $T10_{(80-50)}=0.03$ cm, $T11_{(50-50)}=0.03$ cm, $T12_{(30-50)}=0.04$ cm, (Tabla 36) donde la interacción 80% sombra, 25 exclusión de lluvia ($T6_{(80-25)}$), se encontro una mayor relacion largo/ancho en la hoja del rye grass.. Mientras en el corte 2 y 3 no se obtuvieron resultados signifivativos (Tabla 34 y 35) para las dos variable. Según Kim *et al.* (2003) hubo una disminución significativa en la relación hoja/tallo de las pasturas, en dicha época la precipitación (julio-octubre) y nubosidad mayor provocan saturaciónhídrica en los suelos, por lo que el rebrote de la planta es más lento por lo cual al final del año la radiación solar se amplía en la zona, lo que incita una mayor producción

de hojas. La relación entre hojas, tallos y material senescente es un indicador de qué tan asertiva es el ciclo de uso de las pasturas, basándose en las necesidades de los animales ya que la mayor parte de los nutrientes se concentran en las hojas.

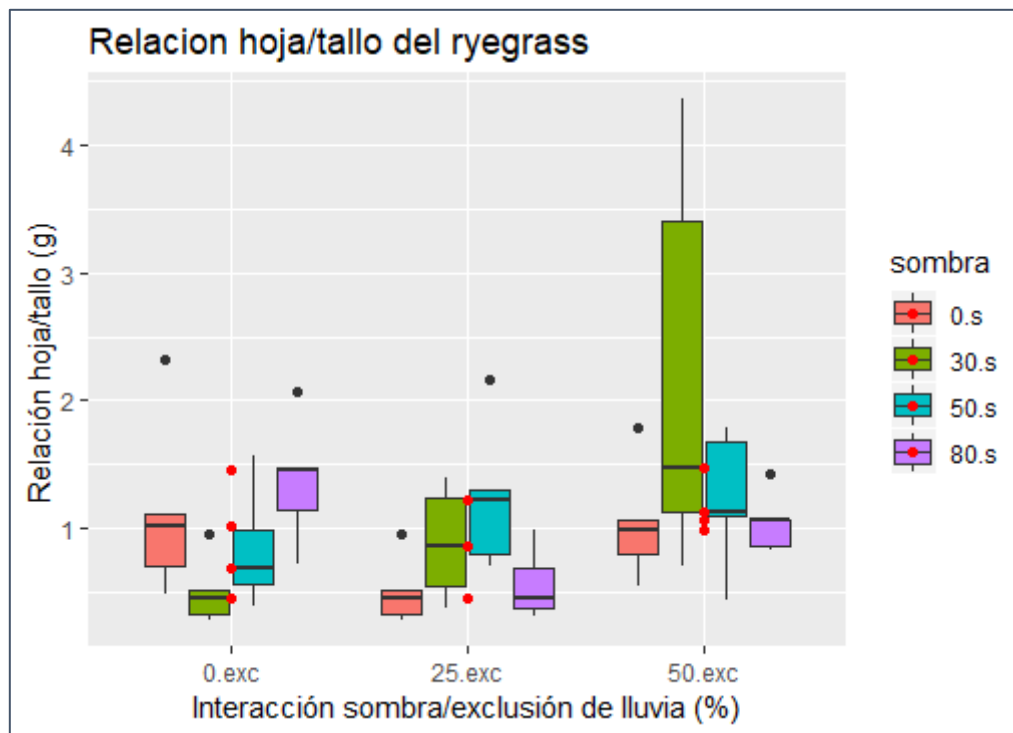


Figura 27. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la relación hoja/tallo del rye grass en el corte 1.

En la variable materia fresca del rye grass se encontro valores significativos en el corte 3: $T1_{(0-0)} = 10.56$ kg/ha, $T2_{(80-0)} = 1431.2$ kg/ha, $T3_{(50-0)} = 2410.0$ kg/ha, $T4_{(30-0)} = 1548.8$ kg/ha, $T5_{(0-25)} = 238.8$ kg/ha, $T6_{(80-25)} = 1206.4$ kg/ha, $T7_{(50-25)} = 1558.8$ kg/ha, $T8_{(30-25)} = 599.2$ kg/ha, $T9_{(0-50)} = 289.6$ kg/ha, $T10_{(80-50)} = 428$ kg/ha, $T11_{(50-50)} = 292.8$ kg/ha, $T12_{(30-50)} = 251.6$ kg/ha, donde la interacción 50% sombra, 0 exclusión de lluvia ($T3_{(50-0)}$), (Tabla 38) se encontro una mayor producción de materia fresca, mientras mas lluvia entre al lugar mejor sera su producción en el pasto y tenga el 50% de sombra (Figura 28). Mientras en el corte 1 y 2 no se obtuvieron resultados significativos (Tabla 33 y 34). En un estudio realizado por Vásquez *et al.* (2017) en la evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras, se utilizó como fertilizante orgánico el guano de isla y superfosfato triple de calcio. La fórmula de instalación NPK fue de 100 - 80 - 60, mientras que la de mantenimiento fue de 120 - 96. Presentó mayor rendimiento promedio de

forraje verde, seguido por las variedades Belinda y Winter star con 176,51; 166,64 y 161,94 t/ha/año respectivamente. Sin embargo, en materia seca la variedad Belinda mostró mejor resultado que las demás variedades con 45,65 t/ha/ año.

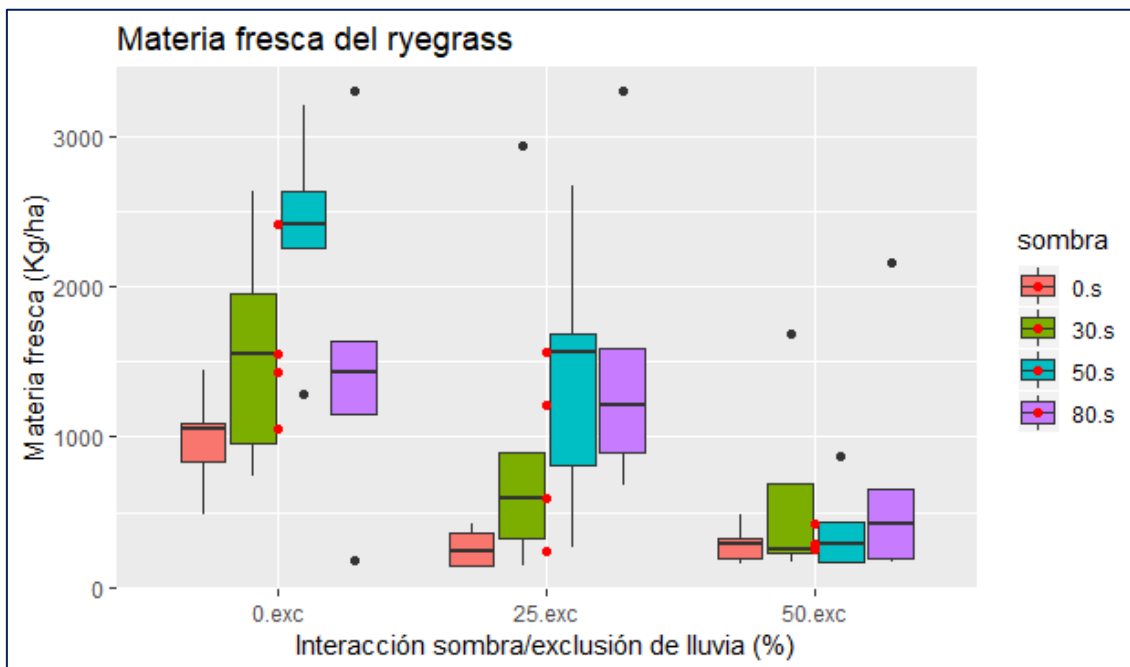


Figura 28. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la materia fresca del rye grass en el corte3.

En la variable materia seca del rye grass se encontro valores significativos en el corte 3: $T1_{(0-0)} = 267.6$ kg/ha, $T2_{(80-0)} = 308.8$ kg/ha, $T3_{(50-0)} = 459.6$ kg/ha, $T4_{(30-0)} = 361.2$ kg/ha, $T5_{(0-25)} = 63.2$ kg/ha, $T6_{(80-25)} = 263.6$ kg/ha, $T7_{(50-25)} = 316$ kg/ha, $T8_{(30-25)} = 130$ kg/ha, $T9_{(0-50)} = 86.2$ kg/ha, $T10_{(80-50)} = 96.8$ kg/ha, $T11_{(50-50)} = 60.8$ kg/ha, $T12_{(30-50)} = 58.4$ kg/ha, donde la interacción 50% sombra, 0% exclusión de lluvia ($T3_{(50-0)}$), se encontro una mayor producción de materia seca del pasto, mientras más lluvia obtenga la parcela aumentara más su producción de materia seca. (Figura 29). Mientras en el corte 1 y 2 no se obtuvieron resultados significativos (Tabla 33 y 34). Según Villalobos y Sánchez (2010) en su trabajo realizado, el contenido de MS del pasto rye grass perenne varió significativamente según el mes del año ($p \leq 0,0001$) con 19.02% debido a las variaciones climatológicas en la zona donde se ubican las fincas estudiadas; conforme se incrementa la precipitación el pasto es más húmedo y su contenido de MS se reduce. Según en un estudio realizado, en la producción de biomasa en pasturas con rye grass perenne y trébol blanco, que se utilizan en muchos países de clima templado, pueden llegar a 18-20 ton

MS/ha/año bajo condiciones de manejo y ambiente ideales. La competencia que el kikuyo, caracterizado por su rusticidad, agresividad y facilidad de propagación vegetal 10, ejerció sobre el rye grass al momento de la siembra bajo la asociación que se logró establecer, puede estar explicando la menor producción potencial de biomasa del último material.

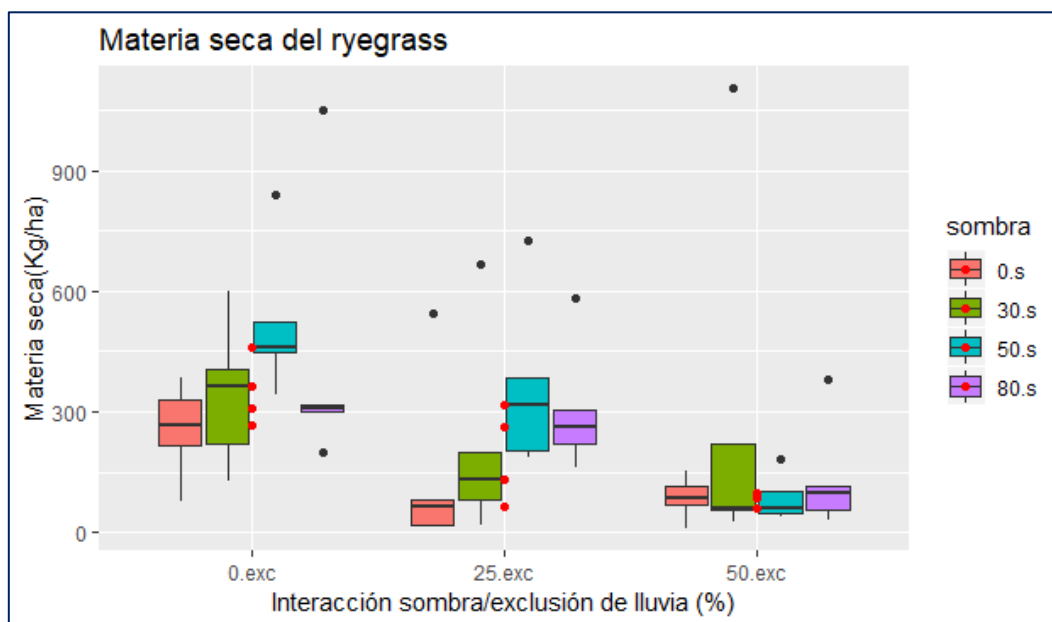


Figura 29. Efecto de la interacción sombra-exclusión de lluvia en la materia seca del rye grass en el corte

3.

7. CONCLUSIONES

La reducción de disponibilidad de agua en el kikuyo tuvo efectos relativamente bajos en la morfología y la biomasa, debido a que morfológicamente la reducción de agua afectó a la relación hoja/tallo pues se incrementó la relación hoja/tallo en el corte 1. Mientras que la materia fresca fue mayor a no tener niveles de reducción de agua; este incremento fue mínimo y no constante en los cortes. Pues el kikuyo es un pasto natural rústico que se adapta a climas variados, su producción es mayor en clima templado. En época seco observamos que el kikuyo se adapta fácilmente no afectando así morfológicamente (altura, número de hojas, número de brotes, área foliar, área foliar específica, relación largo/ancho y relación hoja/tallo) y producción de biomasa.



Para el rye grass se obtuvo respuestas significativas en el corte 1 en la variable morfológica de altura, se ve afectada por los porcentajes de exclusión de lluvia se encontró que a mayor porcentaje de exclusión de lluvia la altura era menor, al igual que al encontrarse sin ningún porcentaje de exclusión de lluvia la altura no es mayor que cuando el rye grass tiene cierto porcentaje de exclusión de lluvia (25%) que alcanzan alturas mayores. Para las variables de producción de materia fresca y materia seca se encontró que al no tener porcentaje de exclusión de lluvia la producción aumenta y conforme aumentamos los porcentajes de sombra la producción se ve afectada en forma negativa, pues la producción es menor. En la relación largo/ancho de la hoja se encontró que al 25% alcanzo valores altos. En el corte 2 se encontró efectos significativos en el número de hojas encontrándose que las plantas obtuvieron mayor número de hojas al no tener porcentaje de exclusión de lluvia. En el corte 3 la variable de producción de materia fresca tuvo mayor producción al encontrarse sin porcentaje de exclusión de lluvia, pues los pastos que se encuentran bajo porcentajes de exclusión de lluvia reducen drásticamente su producción de materia fresca. El rye grass se vio afectado por los porcentajes de exclusión de lluvia tanto morfológicamente como en producción.

El efecto de la sombra en el kikuyo tuvo efectos relevantes en la morfología y producción de biomasa demostrando que la sombra beneficia al pasto para su desarrollo morfológico pues se encontró que la sombra al 50% permite a los pastos alcanzar mayor desarrollo morfológico en la altura, área foliar, relación largo/ancho de la hoja que los pastos que se encuentran sin sombra aunque reduce el número de brotes y la producción de materia fresca es mayor que los pastos que no tienen sombra aunque la materia seca es menor que los pastos que se encuentran sin sombra. Además, se encontró que el exceso de sombra (80%) afecta negativamente al desarrollo morfológico y producción de biomasa del kikuyo pues al 80% de sombra el pasto tiende a bajar levemente en su desarrollo morfológico como en el área foliar corte 2, área foliar específica corte 3 y la relación largo/ancho de la hoja corte 2; además la producción se reduce en la materia fresca cortes 1 y 2 y la materia seca corte 1.



En el rye grass los resultados encontrados favorecieron un comportamiento distinto tanto en su morfología, como en su producción de biomasa, teniendo un impacto en la variable altura de la planta en el corte 1, encontrando que al 30% de sombra el pasto tendrá una altura mayor a comparación con los otros niveles, mientras exista sombra allá el rye grass se desarrollará como se debe. En las variables área foliar y área foliar específica se consiguió resultados positivos en el corte 1, mientras mayor sea la sombra (80%) mejor área foliar y área foliar específica tendrán, ya que las plantas tienen la capacidad de ajustarse a un ambiente de menor irradiación, por lo que sus hojas serán más delgadas. En la variable relación largo/ancho de la hoja se encontró resultados significativos, cuando la sombra estuvo al 30 y 80% de sombra. La reducción de luz mediante el uso del zarán con sus distintos niveles de sombra en el pasto rye grass, actuó de una manera positiva que al 50% se obtuvo una mayor producción de materia fresca.

La interacción de la exclusión de lluvia con la sombra en el kikuyo fue significativa en la morfología y producción biomasa. La altura en el corte 1 y 3 resultó favorecida el tratamiento T10 (80% sombra-50%Exclusión de agua) donde la interacción ayuda al pasto a obtener buen desarrollo de la altura que los pastos que se encuentran sin sombra. En el número de brotes tuvo efectos significativos en el corte 1 los tratamientos que tuvieron un mayor número de brotes fueron T5 (0% sombra-25%Exclusión de agua) y T9 (0% sombra-50%Exclusión de agua) donde la luz ayuda a los pastos a desarrollar mayor número de brotes. El área foliar en los cortes 1, 2 y 3 resultaron significativos los tratamientos con mayor área foliar fueron T6 (80% sombra-25%Exclusión de agua) y T10 (80% sombra-50%Exclusión de agua) esta interacción de sombra 80% ayudan en su desarrollo combinado con los niveles de 25 y 50% de exclusión de lluvia. El área foliar específica se obtuvieron resultados significativos en los cortes 1 y 3 los tratamientos que alcanzaron mayor área foliar específica fueron T2 (80% sombra-0%Exclusión de agua), T10 (80% sombra50%Exclusión de agua) donde vemos que la sombra tuvo gran influencia que los niveles de exclusión de lluvia. La relación largo/ancho de la hoja se encontró respuestas significativas en los cortes 1, 2 y 3 encontrándose una mayor relación en los tratamientos T6 (80% sombra-25%Exclusión de agua) y T10 (80% sombra-50%Exclusión de agua) las



interacciones de 80% de sombra con 50 y 25% de exclusión de lluvia lo hacen favorable en el desarrollo de largo y ancho de la hoja. La relación hoja/tallo fueron significativas en los cortes 1 y 2 los tratamientos que alcanzaron una mayor relación fueron T2 (80% sombra-0%Exclusión de agua) y T3 (50% sombra0%Exclusión de agua) donde se observa la influencia positiva de la sombra principalmente mientras que los pastos que se encuentran sin sombra desarrollan mayores brotes con hojas pequeñas. En materia fresca y seca la mayor producción fue T3 (50% sombra 0%Exclusión de agua) y T6 (80% sombra 50%Exclusión de agua) donde se observa que la sombra influyó en una mayor producción con una exclusión de lluvia ya sea del 0 y 50%.

La interacción de la exclusión de lluvia con la sombra en el rye grass fue significativa en la morfología, así como en la producción de materia seca y fresca. El número de macollos en el corte 1 resultó favorecida el tratamiento T6 (80% sombra-25%Exclusión de agua) y T10 (80% sombra-50%Exclusión de agua). Donde mayor número de macollos habrá es cuando exista el 80% de sombra en toda la parcela. El área foliar específica obtuvo resultados significativos en el corte 1, en el tratamiento T2 (80% sombra- 0%Exclusión de lluvia), donde el rye grass a mayor sombra que tenga mayor será su ganancia de carbono, a través de la fotosíntesis y al 0% de exclusión de lluvia su área foliar específica será mayor. La relación largo/ancho de la hoja se encontró respuestas significativas en el corte 1 encontrando una mayor relación en el tratamiento T6 (80% sombra-25%Exclusión de agua), mientras mayor sea su sombra y menor su exclusión de lluvia, el largo/ancho de la hoja será mejor, La relación hoja/tallo fue significativa en el corte 1, el tratamiento que alcanzo una mayor relación fue T12 (30% sombra-50%Exclusión de agua), donde el nivel de sombra disminuyo, y la exclusión de lluvia aumento, obteniendo resultados positivos.

En las variables materia fresca y seca se obtuvo resultados positivos en el corte 3, encontrando que el tratamiento T3 (50% sombra-0% Exclusión de lluvia) tuvo una mejor aceptación, siendo así que al 50% de sombra su producción sería alta, mientras mas lluvia entre al lugar mejor sera su produccion en el pasto.



8. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda mejor el diseño de las estructuras de mayor área, donde el agua de lluvia no pueda infiltrar al suelo, y su altura para mejor el crecimiento de los pastos.

En sistemas silvopastoriles con kikuyo y rye grass se recomienda aplicar sombra entre 30 y 50% para producción óptima y de calidad, debido a que el exceso de sombra afecta negativamente a la producción al igual que los pastos sin sombra; además este porcentaje no afecta la disponibilidad de agua de los pastos.



9. BIBLIOGRAFIA

- Alayón, NA. (2014). *Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) en el municipio de La Calera Departamento de Cundinamarca*. (Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente), Universidad de Manizales. (67)
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-15.
- Alonso, J; Febles, G; Ruiz, T; Achang, G. (2006). Efecto de la sombra en la gramínea asociada en un sistema silvopastoril de leucaena-guinea durante sus diferentes etapas *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4), 503-11.
- Amaro, JAP; Moya, EG; Quiroz, JFE; Carrillo, ARQ; Pérez, JP; Garay, AH. (2004). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria Híbrido*, cv.). 13. doi: 447-458
- Andrade, CSd; Ferreira, J; Carneiro, JdC; Vaz, F. (2004). Crecimiento de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales bajo sombreado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (3), 263-70.
- Andrade, H; Ibrahim, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforesteria en las Americas*, 10, 39-40.
- Araya, M; Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamérica*, 16(1), 37-43.
- Baldissera, T; Pontes, LdS; Barro, R; Faé, A; Nerone, J; Campos, S; Carvalho, PdF. (2014). Altura del dosel forrajero de seis especies perennes tropicales en un sistema arborizado.
- Baque, H; Tuarez, V. (2011). *Comprotaimiento agronómico y valor nutritivo de diez variedades de pastos en diferentes estados de madurez, en la parroquia la Guayas del Cantón el Empalme*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Quevedo-Los Rios. (52)
- BCE. (2017). *Reporte de coyuntura sector agropecuario* (Vol. 2).
- BCE. (2018). *Reporte de coyuntura sector agropecuario* (Vol. 2).
- Calzada, J; Enríquez, J; Hernández, A; Ortega, E; Mendoza, S. (2014). Analisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) en clima cálido subhúmedo *Revista Ciencia Pecuaria* 5(2), 247-60.
- Camargo, EFd; Pontes, LdS; Porfírio-da-Silva, V; Copia, J; Cesar, J; Jesus, RdAd; Carvalho, PCdF. (2014). Relación entre altura y masa de forraje de una pasto anual de invierno en sistema silvipastoril. 57
- Canseco, C; Balocchi, O; Anwandter, V; Teuder, N; Demanet, R; Parga, J; Abarzúa, A; Lopetegui, J. (2007). Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo *ResearchGate* 28.
- Carbonieri, J; Morais, H; Naves, H. (2014). Geada y sistema silvipastoril en el norte de Paraná.
- Cardenas, A; Garzon, JP. (2011). Guia de manejo de pastos para la sierra sur ecuatoriana. [13].



- Carrera, IC. (2011). *Fertilización del kikuyo (Pennisetum clandestinum con tres fuentes nitrogenadas, dos sólidas y una líquida en tres niveles y dos frecuencias* (Ingeniero Agropecuario), Escuela Politecnica del Ejército. (60-70)
- Casanova-Lugo, F; Petit-Aldana, J; Solorio-Sánchez, J. (2011). Los Sistemas Agroforestales Como Alternativa a La Captura De Carbono En El Trófico Mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVII(1), 133-43. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.047
- Castillo, H. (2004). Cultivo pasto rye grass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de Tamaulipas. *SAGARPA*, (15), 2.
- Clark, H; Patino, CSP; Deklein, CA. (2015). Methane and nitrous oxide emissions from grazed grasslands. 23.
- Clavero, T; Suárez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, 29(3), 1-6.
- Colabelli, M; Agnusdel, M; Mazzanti, A; Labreveux, M. (2009). El proceso de crecimiento y desarrollo de Gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación 17.
- Conant, R; FAO. (2010). *Challenges and opportunities for carbon sequestration in grassland systems: a technical report on grassland management and climate change mitigation* (Food and Agriculture Organization of the United Nations ed. Vol. 9). Rome
- Conto, LD; Sganzerla, D; Pedroso, C; Monks, P. (2011). Ryegrass anual (*Lolium multiflorum Lam*) relación ruminante. 41-54.
- Córdova, E; Hernández, S. (2010). Competencia por luz en sistemas silvopastoriles *Ecosistemas y Comunidades*, 1.
- Cornaglia, PS; Schrauf, GE; Nardi, M; Deregibus, VA. (2005). Emergence of Dallisgrass as Affected by Soil Water Availability. *Rangeland Ecology & Management*, 58(1), 35-40.
- Corpoica. (2013). *Pennisetum clandestinum (Kikuyo)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cuenca, LA. (2011). *Valor nutritivo y digestibilidad de dos gramíneas de clima templado o sierra kikuyo (Pennisetum clandestinum) y grama (Cynodon dactylon) a tres edades de cosecha.*, Universidad Nacional de Loja Loja. (24-40)
- Chacón, C. (2005). *Cultivo de pastos. Manual de pastos cultivados* (pp. 47).
- DaCosta, M; Huang, B. (2006). Minimum water requirements for creeping, Colonial, and velvet bentgrasses under fairway conditions. *Crop Science*, 46(1), 10. doi: 10.2135/cropsci2005.0118
- Diannelis, C; Urbano, Y; Arrioja, I; Dávila, C. (1994). Efecto de la fertilización de la asociación de kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum- Medicago sativa*). I. Materia area, altura y relacion hoja/tallo. 13.
- Dúran, F. (2009). Cultivo de pastos y forrajes (1ro ed., pp. 195): Grupo de Latinos.
- Dúran, F. (2013). Gramíneas forrajeras para ganado (1ra ed., pp. 199). Colombia Grupo de Latinos



- Duru, M;Ducrocq, H. (2000). Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. ontogenic development and effect of temperature.
- Echeverri, J; Restrepo, LF;Parra, JE. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización., 7, 94-100.
- España, ME. (2017). *Mejoramiento de las praderas de kikuyo (Pennisetum clandestinum) con gramíneas y leguminosas mejoradas en la quinta experimental "Punzara" de la universidad nacional de Loja* Universidad de Loja Loja. (25-31)
- Fairlie, T; Morales, M;Holle, M. (1999). *Raíces y tubérculos andinos. Avances de investigación I*
- FAO. (2014). Producción animal. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Fonseca, C. (2015). Efecto de la frecuencia de defoliación en la respuesta agronómica y calidad nutritiva de *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.
- García, ARR; Garay, AH; Ayala, W; Pedroza, SIM; Cancino, SJ; Huerata, HV;Ortega, MAS. (2015). Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trebol blanco (*Trifolium repens* L.) 2(12).
- Gigón, R; Vigna, M;Yannicari, M. (2017). *Ryegrass (Lolium spp.) Bases para su manejo y control en sistemas de producción* (REM-AAPRESID ed.).
- Giraldo, LA;Bolívar, DM. (2006). Evaluación de un sistema silvopastoril de acacia decurrens asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia.
- Gómez, AS; Parra, AS; Salazar, JJ;García, JA. (2014). Producción de materia seca y calidad del pasto kikuyo *P. clandestinum* en diferentes niveles de fertilización nitrogenada y en asocio con aliso alnus acuminata en el trópico alto colombiano. *Agroforesteria*
- Gordillo, A;Vega, C. (2012). *Evaluación de 4 variedades de ryegrass (Lolium sp) con trébol blanco variedades emerald (Trifolium repens) en la producción de ovejas de 2 a 4 años de edad en la zona de pailones, IASA, ECUADOR*. Escuela Politécnica del Ejército (35)
- Guaña, LJ. (2014). *Producción del kikuyo (Pennisetum clandestinum Hochst) con dos alturas de corte, cinco niveles de fertilización nitrogenada y en mezcla con trébol blanco (Trifolium repens L.)*. (Investigación), Universidad Central del Ecuador Quito (40-59)
- Hanisch, A;Córdova, U. (2014). Rendimiento productivo de un *Anthoxanthum odoratum* en áreas de caviar en función de la fertilización con ceniza de biomasa.
- Hikosaka, K. (2005). Leaf canopy as a dynamic system: ecophysiology and optimality in leaf turnover. *Annals of Botany* 95(3), 521-33.
- Houkal, D;Schloegel, C. (2016). Preliminary results of a biomass study of Elderberry (*Sambucus* spp.) for use as supplemental cattle forage in the Highlands of Southern Ecuador.
- Ibrahim, MA; Alonzo, YM; Gómez, M;Prins, K. (2001). Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. *Agroforesteria en las Americas*, 8.



- ImageJ. (2016). Image Processing and Analysis in Java. Retrieved from <https://imagej.nih.gov/ij/index.html>
- INEC. (2012). Encuesta de superficie y producción agropecuaria Continua 52.
- INEC. (2017). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC). 61.
- Jaramillo, D; Restrepo, LMR; Jaramillo, M;Yáñez, SS. (2014). Ceba de ganado angus en trópico alto con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Exchiov.).
- Kim, T; Jung, W; Lee, B; Yoneyama, T; Kim, Y;Kim, K-Y. (2003). P effects on N uptake and remobilization during regrowth of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *ScienceDirect* 50(3), 233-42.
- Lam, F;Helmut, B. (2016). Establecimiento y uso de sistemas silvopastoriles en República Dominicana *Programa de apoyo al mejoramiento de la productividad y competitividad del sector agropecuario*, 35.
- León, J; Pabón, M;Carrulla, J. (2011). Relación entre las características de la pastura y el contenido de ácido linoleico conjugado (ALC) en la leche 24(1).
- Lindner, R. (1976). Influencia del sol y de la sombra sobre el crecimiento y desarrollo de *Dactylis glomerata* L.
- López, D; Yanza, MO; Escandón, PEN; Inga, CST; Viera, GEG; Valladares, YMA; Guanga, LEA; Mosquera, JMV; Armas, PJL; Álvarez, CNA;Viera, RVG. (2018). Pastoreo versus semi-estabulación en la producción, persistencia del pastizal y rendimiento lechero de ganaderías andinas en Ecuador. 2, 12.
- Lopez, E; Escobar, J;Xolo, A. (2013). *Establecimiento de un sistema silvopastoril mixto en fajas, con especie madereras y forrajeras (Tabebuia rosea, Gliricida sepium) en Jesus Carranza, Veracruz.* (Investigación Taller de Investigación), Instituto Tecnológico Superior de Jesus Carranza
- MAE. (2017). Programa de Restauración Forestal realizó verificación de plantaciones en Azuay.
- MAGAP. (2016). La Política Agropecuaria Ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015- 2025. I parte.
- Mármol, JF. (2006). *Manejo de pastos y forrajes en laganderi doble proposito* (Postgrado), Universidad del Zulia
- Márquez, S. (2014). *Evaluación de diferentes frecuencias de corte a un alatura de 40 cm en pasto Guinea mombaza (Panicum maxicum, Jacq), en condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel del árbol de Campano (Pithecellobium saman) en la epoca seca, en el municipio de sampués, sucre* Universidad de Sucre Sincelejo-Sucre. (36-40)
- Martínez, G. (2011). *Medidas de crecimiento, fórmulas de Fisiología Vegetal e Índices Ecológicos.* (pp. 15).
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1) overview of biomass *Bioresource Technology*, 83(1), 37-46.



- Mena, P. (2011). Guía básica para el manejo del ganado bovino, bajo criterios de sostenibilidad ambiental. *Programa regional ECOBONA*.
- Monsivais, K. (2013). *Crecimiento y productividad estacional de Festuca arundinacea sschreder, Festulolium sp. y Lolium multiflorum Lam. en una región Semiarida* Universidad Autónoma de San Luis Potosí San Luis de Potosí (22-31)
- Morais, H; Carbonieri, J; Naves, H. (2014). Microclima en producción de forraje en un sistema silvopastoril en el norte de Paraná.
- Muñoz, E; Pupiales, S; Navia, J. (2010). Evaluación del estado actual del nitrógeno en el arreglo silvopastoril aliso (*Alnus jorullensis* H B & K) kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.). *Revista de Ciencias Agrícolas XXVIII*(1), 161-75.
- Murtagh, G; Halligan, E; Greer, D. (1987). Components of growth and dark respiration of Kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Chiov.) at various Temperatures. 59.
- Navarro-Villa, A; López, S; O'Brien, M; Boland, T; Kiely, P. (2011). In vitro rumen methane output of red clover and perennial ryegrass assayed using the gas production technique (GPT). *Animal Feed Science and Technology 168*(3-4), 152-64.
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria 19*, 10.
- Nestares, A; Camargo, M; Rojas, A. (1992). Producción de semillas Ryegrass italiano con riego tecnificado. 4.
- Nissen, J; Aedo, H. (2009). Combinaciones de frecuencias de riego y de corte en una pradera sembrada de Ballica perenne del sur de Chile. 3, 11.
- Obispo, NE; Espinoza, Y; Gil, JL; Ovalles, F; Cabrera, E; Pérez, MJ. (2013). Relación de la proporción de sombra en el potrero con el rendimiento, calidad del forraje y ganancia diaria de peso en novillos., *XXIII*, 531-36.
- Ortíz, A. (2015). Respuesta del pasto kikuyo a la inoculación: con hongos micorrícicos y a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo.
- Paciullo, D; Carvalho, C; Aroeria, L. (2007). Morfofisiología y valor nutritivo del pasto braquial bajo sombreado natural a pleno sol. *Brasileña de Investigación Agrícola 42*(4), 573-79.
- Páez, A; Paz, V; López, J. (2000). Growth and physiological responses of tomato plants cv. Rio grande during may to july season. Effect shading 17, 173-84.
- Peri, P; Lucas, R; Moot, D. (2007). Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. *Agroforestry Systems, 70*(1), 63-79. doi: 10.1007/s10457-007-9029-x
- Peters, M; Franco, LH; Schmidt, A; Belisario Hincapié. (2010). Especies forrajeras multipropósito opciones para productores del Trópico Americano
- Pilco, Z. (2005). *Comportamiento dinámico de las principales especies forrajeras de la sierra bajo pastoreo*. (Título Ingeniero Agronomo), Universidad Central del Ecuador Machachi-Pichincha.



- Piñeros, R; Delgado, JM; Holguin, VA. (2011). Respuesta del pasto *Bothriochloa saccharoides* ([Sw.] Rydb.) a diferentes intensidades de sombra simulada en el valle cálido del Magdalena en el Tolima (Colombia). . 12, 42-50.
- Prieto, AM; Sanchez, GC. (2004). Evolución de la composición bótánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Investigacion Agropecuaria* 5, 70-75.
- Quilligana, S. (2015). *Comparación productiva de tres cultivares de rye grass perenne (Lolium perenne) en terminos de producción y calidad, Tambillo-Ecuador* (Ingeniera Agrónoma), Universidad central del Ecuador Quito (33)
- Requelme, N; Bonifaz, N. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador *La Granja* 15(1), 55-69.
- Restrepo, J; Escobar, A. (2007). Evaluación de algunos parámetros fisiológicos del Ryegrass bestfor (*Lolium perenne*), bajo condiciones de estrés hídrico *ResearchGate*, 52.
- Robaldino, N. (2010). *Influencia de la fertilización y el intervalo de pastoreo en el contenido de FDN y energía de una mezcla forrajera*
- Escuela Politécnica del Ejército Sangolquí. (56-70)
- Rocalba. (2005). Semillas forrajeras y pratenses. Grandes especies forrajeras (pp. 5). Barcelona.
- Rodríguez, GA; Patiño, RP; Altahona, LB; Gil, JB. (2011). Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia., 3.
- RStudio. (2011). RStudio programa estadístico. Software libre (Version 1.1.383). Retrieved from <https://www.rstudio.com/>
- Saldanha, S; Boggiano, P; Cadenazzi, M. (2010). Intensidad del pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon *Agrociencia* XIV(1), 11.
- Schloegel, C; Lojano, L; White, S; Houkal, D. (2015). *Manual de Implementación para el programa de acuerdos de conservación en las subcuencas altas de los ríos Mazar y Dudas*.
- Snowdon, P; Raison, J; Keith, H; Ritson, P; Grierson, P; Adams, M; Montagu, K; Bi, H-q; Burrows, W; Eamus, D. (2002). Protocol for sampling tree and stand biomass. *ResearchGate*, 31, 77. doi: 10.13140/rg.2.1.2825.8967
- Terán, J. (2015). *Evaluación entre dos sistemas de pastoreo para ganado lechero (Bos taurus) en Machachi, Pichincha*. . Universidad de San Francisco de Quito (USFQ), Quito. (16-28)
- Teuber, N; Dumont, L. (2006). Atributos de la pradera para la alimentación del rebaño lechero In ICA (Ed.). Bogotá-Colombia.
- Torres, J. (2015). Sistemas silvopastoriles con ovinos en el trópico algunas ventajas y desventajas. In Oriente (Ed.), (pp. 32). Huatusco, Veracruz.
- Torres, LL; Aragón, L; Silva, A. (2009). Efecto de la acacia (*Acacia decurrens*) en el desarrollo y producción del pasto Audabe (*Lolium multiflorum*, Lam), Botana, departamento de Nariño, Colombia.
- Valladares, F. (2004). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante: Tasas de crecimiento*



- Vargas, C. (2011). *Evaluación de diferentes dosis de enmiendas húmicas en la producción primaria de forraje del lolium perenne (Ryegrass)*. Escuela superior politécnica de Cimboraio Riobamba (38-50)
- Vargas, JdJ; Cardenas, EA; Pabón, ML;Carulla, J. (2012). Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo 61.
- Vásquez, H; Quilcate, C;Oliva, M. (2017). Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida 7. doi: 10.25127/ricba.201701.009
- Vela, J;Vargas, M. (2009). Caracterización de la dinámica de producción de materia seca del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) de leche en el trópico alto colombiano. . *Ciencia Animal*(2), 27-40.
- Velasco, M; Hernández, A;González, A. (2005). Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México* 43(2), 247-58.
- Velásquez, P. (2009). *Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de rye grass bianual (lolium multiflorum) en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha*. Escuela Politécnica Nacional Quito (120-130)
- Vibrans, H. (2009). *Lolium multiflorum* Lam. (= *L. perenne* ssp. *multiflorum* (Lam) Husnot) Raigras criollo 1
- Villalobos, L;Sánchez, J. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producidas en lecherías de las zonas altas de costa rica y producción de biomasa y fenología., 31-42.
- Villanueva, C; Casasola, F;Detlefsen, G. (2018). Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica. In (CATIE) (Ed.).
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F; Rios, N;Sepúlveda, C. (2009). Sistemas silvopastoriles una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América central. *Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático*, 6, 23.
- Villegas, SA;Chavarría, M. (2016). Morfometría foliar y clorofila de *Piper reticulatum* (Piperaceae) en luz y sombra en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 8(2). doi: 10.22458/urj.v8i2.1569
- Vine, E; Sathaye, J; Makundi, W;Jones, J. (1999). Monitoring, Evaluation, Reporting, Verification, and Certification of Climate Change Mitigation Projects. In Springer (Ed.), *The UN Framework Convention on Climate Change Activities Implemented Jointly (AIJ) Pilot: Experiences and Lessons Learned* (pp. 309-51): Institute for Global Environmental Strategies.
- Williams, S. (2006). Incorporando raigrás en un sistema de kikuyo. 9.
- Yahjian, L;Sala, O. (2002). A rainout shelter design for intercepting different amounts of rainfall. *Springer Berlin Heidelberg (Oecologia)*, 95-101.

10. ANEXOS

10.1 Pruebas paramétricas y no paramétricas de las variables.

Tabla 39. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en exclusión de lluvia para kikuyo*

Shapiro-Wilk			
P<0.05			
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.2366	0.9843	0.7206
número de hojas	0.001223	0.1859	0.5687
número de brotes	0.04436	0.01349	0.4727
Área foliar	0.3765	0.1289	0.3571
Área foliar específica	0.4909	0.9998	0.1507
Relación largo/ancho	0.7922	0.7087	0.6116
Relación hoja/tallo	0.3617	0.7063	0.7892
Materia fresca	0.6218	0.2124	0.571
Materia seca	0.8944	0.2128	0.7997

Tabla 40. *Prueba de homogeneidad Bartlett en exclusión de lluvia para kikuyo.*

Test-Bartlett			
P<0.05			
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.04411	0.3492	0.551
Número de hojas	0.5377	0.6843	0.2519
Número de brotes	2.2e-16	0.4478	0.2944
Área foliar	0.1258	0.9385	0.3675
Área foliar específica	0.6816	0.5019	0.4312
Relación largo/ancho	0.2887	0.6746	0.2664
Relación hoja/tallo	0.02804	0.9794	0.6203
Materia fresca	0.121	0.6073	0.2146
Materia seca	0.06055	0.7701	0.5328

Tabla 41. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en sombra para kikuyo.*

Shapiro-Wilk			
P<0.05			
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.001978	0.00343	0.00016
Número de hojas	0.1239	0.01161	0.0427
Número de brotes	0.04848	0.7598	0.239
Área foliar	0.1696	0.02189	0.06563
Área foliar específica	0.4717	0.3721	0.1973
Relación largo/ancho	0.7069	0.04675	0.7691
Relación hoja/tallo	0.2153	0.4645	0.7749
Materia fresca	0.09886	0.3669	0.07247
Materia seca	0.005566	0.8517	0.01122

Tabla 42. *Prueba de homogeneidad Bartlett en sombra para kikuyo.*

Test-Bartlett			
P<0.05			
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.02912	0.02912	0.0002641
número de hojas	0.8123	0.4252	0.9608
número de brotes	0.5851	0.8509	0.3481
Área foliar	0.1228	0.02014	0.02205
Área foliar específica	0.6094	0.2877	0.4159
Relación largo/ancho	0.1714	0.008822	0.3702
Relación hoja/tallo	0.1052	0.5398	0.1438
Materia fresca	0.6274	0.8383	0.8712
Materia seca	0.03084	0.4214	0.9645



Tabla 43. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en interacción sombra-exclusión de lluvia para kikuyo.*

Shapiro-Wilk			
	P<0.05		
Variable	Corte1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.0000143	0.01633	0.008587
número de hojas	0.05238	0.1234	0.251
número de brotes	0.005459	0.07126	0.005848
Área foliar	0.05408	0.00138	0.004517
Área foliar específica	0.01638	0.04971	0.9286
Relación largo/ancho	0.03564	0.00265	0.005276
Relación hoja/tallo	0.06101	0.5447	0.6913
Materia fresca	0.4004	0.1189	0.01552
Materia seca	0.0628	0.1577	0.1652

Tabla 44. *Prueba de homogeneidad Bartlett en interacción sombra-exclusión de lluvia para kikuyo.*

Test-Bartlett			
	P<0.05		
Variable	Corte1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.00003464	0.0004586	0.0006772
Número de hojas	0.9631	0.7114	0.541
Número de brotes	2.2e-16	0.8829	0.487
Área foliar	0.1249	0.0004686	0.02803
Área foliar específica	0.8938	0.6894	0.672
Relación largo/ancho	0.448	5,71E-02	0.3574
Relación hoja/tallo	0.02633	0.02936	0.5163
Materia fresca	0.03856	0.9458	0.004027
Materia seca	0.01942	0.9827	0.9512

Tabla 45. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en exclusión de lluvia para rye grass.*

Shapiro-Wilk			
	P<0.05		
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.7537	0.8968	0.2108
Número de hojas	0.4472	0.001581	0.02365
Número de macollos	0.01088	0.03049	0.2142
Área foliar	0.001734	0.03522	0.1113
Área foliar específica	0.000558	0.8362	0.3467
Relación largo/ancho	0.0002252	0.8427	0.5714
Materia fresca	0.7028	0.00875	0.4026
Materia seca	0.5507	0.001953	0.02735



Tabla 46. *Prueba de homogeneidad Bartlett en exclusión de lluvia para rye grass.*

Test-Bartlett			
	P<0.05		
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.3803	0.4889	0.8542
Número de hojas	< 2.2e-16	1	0.6361
Número de macollos	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Área foliar	0.1714	0.4467	0.2679
Área foliar específica	0.0009825	0.2922	0.8549
Relación largo/ancho	0.0001549	0.4057	0.1179
Relación hoja/tallo	0.2163	0.0464	0.5676
Materia fresca	0.3741	0.02981	0.07003
Materia seca	0.03775	0.01485	0.04666

Tabla 47. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en sombra para rye grass.*

Shapiro-Wilk			
	P<0.05		
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.5047	0.228	0.09227
Número de hojas	0.2434	0.1359	0.1197
Número de macollos	0.003226	0.007408	0.001444
Área foliar	0.8434	0.7803	0.3464
Área foliar específica	0.547	0.299	0.03868
Relación largo/ancho	0.04859	0.2877	0.05873
Relación hoja/tallo	0.111	0.9079	0.1478

Tabla 48. *Prueba de homogeneidad Bartlett en sombra para rye grass*

Test-Barlett			
	P<0.05		
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.1913	0.6293	0.8271
Número de hojas	0.2341	0.9437	< 2.2e-16
Número de macollos	< 2.2e-16	0.3784	0.6837
Área foliar	0.01426	0.8302	0.1578
Área foliar específica	0.6102	0.797	0.9398
Relación largo/ancho	0.009973	0.2698	0.2832
Relación hoja/tallo	0.6272	0.8565	0.6515



Tabla 49. *Prueba de normalidad Shapiro-Wilk en interacción sombra-exclusión de lluvia para a rye grass.*

Shapiro-Wilk			
	P<0.05		
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.4992	0.4497	0.04594
Número de hojas	0.3103	0.06243	0.004476
Número de macollos	0.001519	0.0006268	0.0001497
Área foliar	0.3971	0.0001763	0.04675
Área foliar específica	0.00001642	0.5624	0.01401
Relación largo/ancho	6,97E-11	0.2008	0.04878
Relación hoja/tallo	0.002848	0.1749	0.05907
Materia fresca	0.913	0.5379	0.0005228
Materia seca	0.2138	0.3502	0.0006612

Tabla 50. *Prueba de homogeneidad Bartlett en interacción sombra-exclusión de lluvia para rye grass.*

Test-Barlett			
	P<0.05		
Variable	Corte 1	Corte 2	Corte 3
Altura	0.05953	0.5292	0.6489
Número de hojas	< 2.2e-16	0.9868	< 2.2e-16
Número de macollos	< 2.2e-16	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Área foliar	0.1144	0.2335	0.002733
Área foliar específica	0.0005183	0.1588	0.05948
Relación largo/ancho	< 2.2e-16	0.2119	0.1116
Relación hoja/tallo	0.002194	0.1696	0.9958
Materia fresca	0.9493	0.1708	0.001409
Materia seca	0.06475	0.1081	0.3103

10.2 Fotografías de la Investigación.

Distribución de las parcelas en el sitio de experimentación.



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos del Romeral.

Guachapala.

Toma de datos en el lugar del experimento



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos del Romeral.

Guachapala.

Mantenimiento de las parcelas experimentales



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos del Romeral. Guachapala.

Parcelas de experimentación en exclusión de lluvia, sombra e interacción de sombra-exclusión de lluvia.



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos del Romeral. Guachapala.

Muestreo de los pastos para materia fresca y seca



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos Universidad de Cuenca.

Procesamiento de muestras para la materia seca



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos Universidad de Cuenca.

Procesamiento de los pastos en laboratorio para las variables morfológicas.



[Fotografía de Carrasco & Muñoz]. (Romeral. 2018). Archivos fotográficos Universidad de Cuenca.